



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROF^a. CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E
RUMINAIS DE CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS
COM DIETAS CONTENDO RESÍDUO LIPÍDICO ORIUNDO
DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

CARLOS BARBOSA DOS SANTOS

**BOM JESUS-PI
2016**

CARLOS BARBOSA DOS SANTOS

**PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E
RUMINAIS DE CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS
COM DIETAS CONTENDO RESÍDUO LIPÍDICO ORIUNDO
DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra

Dissertação apresentada ao *Campus* Prof^a. Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal (linha de pesquisa Nutrição e produção de alimentos), para obtenção do título de Mestre.

**BOM JESUS-PI
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

S237p Santos, Carlos Barbosa dos.
Parâmetros hematológicos, bioquímicos e ruminais de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel. / Carlos Barbosa dos Santos. – 2016.
73 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Prof.^a Cinobelina Elvas, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Produção Animal (Nutrição e produção de alimentos), Bom Jesus-Pi, 2016.

Orientação: “Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo”.

1. Bioquímica sérica. 2. Fermentação ruminal.
3. Glicerol. 4. Hemograma. Título I.

CDD 636.39

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROF^a. CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Parâmetros hematológicos, bioquímicos e ruminais de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.

Autor: Carlos Barbosa dos Santos

Orientador: Marcos Jácome de Araújo

Co-orientador: Leilson Rocha Bezerra

Aprovado em 17 de Março de 2016

Banca Examinadora

Professor Dr. Marcos Jácome de Araújo
CPCE/UFPI

Professora Dra. Fernanda Patrícia Gottardi
CPCE/UFPI

Professora Dra. Viviany Lúcia Fernandes dos Santos
CPCE/UFPI

**BOM JESUS-PI
2016**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
 CAMPUS PROF.ª CINOBELINA ELVAS – BOM JESUS (PI)
 PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
 COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
 COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
 Bom Jesus, Piauí – CEP. 64.900-000 - Tele/Fax: 89 3562-1016-
 Home Page: www.ufpi.br/ppgzootecnia - E-mail: ppgzootecnia@ufpi.edu.br

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
 CARLOS BARBOSA DOS SANTOS**

Aos dezessete dias do mês de março de dois mil e dezesseis, às oito horas e trinta minutos, na Sala de Aula do Programa de Pós-graduação em Zootecnia do Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, na cidade de Bom Jesus – PI, a Banca Examinadora abaixo referida procedeu ao julgamento da Defesa da Dissertação intitulada “Parâmetros Hematológicos, Bioquímicos e Ruminais de Cabras Lactantes Alimentadas com Dietas Contendo Resíduo Lipídico Oriundo da Produção do Biodiesel” apresentado pelo mestrando CARLOS BARBOSA DOS SANTOS, exigido para apresentação da dissertação junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, desta Universidade. O Presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo, iniciando os trabalhos, concedeu a palavra ao candidato CARLOS BARBOSA DOS SANTOS para breve exposição do seu trabalho. Em seguida, o Sr. Presidente concedeu a palavra, pela ordem e sucessivamente, aos examinadores, os quais passaram a arguir o candidato durante o prazo máximo de 30 (trinta) minutos, assegurando-se igual prazo para resposta. Ulтимado o exame, que se desenvolveu nos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, expressou seu julgamento, considerando:

	A	NA
Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo (Presidente) PPGZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.ª Dr.ª Fernanda Patrícia Gottardi (Titular) EXTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.ª Dr.ª Viviany Lúcia Fernandes dos Santos (Titular) EXTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato CARLOS BARBOSA DOS SANTOS APROVADO. Nada mais havendo eu, Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo, lavrei a presente ata que, após lida e achada conforme, foi por todos assinada.

Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo *Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo*
 Prof.ª Dr.ª Fernanda Patrícia Gottardi *Fernanda Patrícia Gottardi*
 Prof.ª Dr.ª Viviany Lúcia Fernandes dos Santos *Viviany Lúcia Fernandes dos Santos*

A todas as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui, a minha família maravilhosa e em especial a uma das pessoas mais importantes da minha vida, que se fez muito presente em todos os momentos da minha vida, na qual tive que deixá-la para concluir esse sonho, a minha querida Avó, Maria Batista (Dilô). Também ao meu primo e irmão Paulo e sua esposa Rose, minha mãe Ana Barbosa, meus irmãos, minha noiva Janaína, que mantiveram-se do meu lado, me dando forças para seguir em frente, me apoiando, mesmo de longe, e sonhando com o dia que eu concluísse essa etapa da minha vida. Por eles estarem sempre comigo, tive forças para encarar as dificuldades encontradas no meio do caminho. Sabemos que para ser alguém na vida, deve-se batalhar e lutar por seus sonhos, encarar as dificuldades, por mais difíceis que elas sejam, e sempre seguir adiante e jamais baixar a cabeça. Hoje estou aqui concluindo essa etapa da minha vida e dedicando este trabalho para vocês. Muito obrigado por estarem sempre presentes em minha vida. Sem o apoio de todos, eu não teria chegado até aqui. Só tenho a agradecer e dizer muito OBRIGADO...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao nosso senhor Deus, pois sem sua glória nada seria possível.

A toda a minha família, base de tudo, minha avó Maria Batista, meu primo Paulo Roberto e sua esposa Rose Coelho, minha mãe Ana Barbosa e meus irmãos, por todo amor e carinho.

A minha noiva Janaína Monteiro, por todo amor, carinho, apoio e por acreditar nesse sonho.

Ao *Campus* Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de concluir o curso de Medicina Veterinária e o mestrado em Zootecnia.

Ao Professor Marcos Jácome de Araújo, por ter me acolhido como orientado, por toda a paciência e compreensão durante esses dois anos.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí e CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Toda a coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial ao Professor Leonardo Atta Farias e ao Ismael, que sempre me acolheram com respeito.

Aos professores, Leilson Rocha Bezerra, Jacira Neves da Costa Torreão e Carlo Androvandi Torreão Marques, por todo apoio e dedicação durante todo o experimento, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus amigos aqui de Bom Jesus, Francisco Darlemberty, Francisco Lago, Nhaira Maia e Marcela Santiago, pela amizade e companheirismo durante esses sete anos de convivência.

Aos meus companheiros e grandes amigos do mestrado, que muito contribuíram para este trabalho, Luana Saraiva, Natylane Eufransino, Jasiel Moraes, Sheila Vilarindo, Wagner Coelho e Fabrício Brandão, pelos dias de luta, amizade e companheirismo vivido cada dia.

Aos meus amigos da turma de mestrado 2014.1, Bueno Abreu, Tiago Vieira, Dayana Maria, Alex Lopes, Regina Fialho, Flávia Souza, Fabiana Belchior e Morgana, foi muito bom conviver com todos.

A Agência de Tratamento de Águas e Esgoto do Estado do Piauí (AGESPISA) pela doação do resíduo lipídico utilizado no experimento.

Aos bolsistas e estagiários que nos ajudaram durante todo o experimento, Marcelo Henrrique, Cezário Batista, Jackson, Emmanuel, Felipe Siqueira, Wolner Bida, Adão Diego, Wendel Felipe, Ítalo Carlos, Caique Pinho, Paulo Roberto, Georgio, Ênio, Márcia Pereira, Glayciane Campêlo, Meire, Romilda e Juliana, sem o apoio de todos vocês não teríamos chegado até aqui.

Ao Sr. Gerônimo, pelo empréstimo dos animais (cabras), para a realização do experimento.

Ao Colégio Técnico de Bom Jesus, e aos funcionários que se empenharam em nos ajudar no setor de ovinocaprinocultura.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Carlos Barbosa dos Santos, filho de Ana Barbosa dos Santos, nascido na cidade de São João do Piauí, Estado do Piauí, em 05 de Junho de 1989.

Em agosto de 2008, ingressou no curso de graduação em Medicina Veterinária, pela Universidade Federal do Piauí, Estado do Piauí, onde obteve o título de Médico Veterinário, colando grau em 28 de novembro de 2013.

Em Março de 2014, ingressou no Mestrado em Zootecnia, área de concentração em produção animal, pela Universidade Federal do Piauí, Estado do Piauí.

Em 17 de Março de 2016 submeteu-se à banca de defesa do mestrado em Zootecnia.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO GERAL.....	x
ABSTRACT GERAL.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	12
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
1.1. Produção de caprinos no Brasil e região nordeste.....	15
1.2. Obtenção do biodiesel a partir do óleo residual de fritura.....	16
1.3. Parâmetros de fermentação ruminal.....	18
1.3.1 Glicerol na dieta de ruminantes.....	18
1.3.2 Glicerol e lipídios na dieta de ruminantes.....	20
1.4. Parâmetros sanguíneos.....	23
2. Referências bibliográficas.....	25
CAPÍTULO 2. Perfil hematológico e bioquímica sérica de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4. CONCLUSÕES.....	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CAPÍTULO 3. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	56
ABSTRACT.....	57
RESUMO.....	57
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4. CONCLUSÕES.....	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

	Pág.
Tabela 1 - Consumo de matéria seca (CMS) em ovinos, caprinos e bovinos, com inclusão de glicerina bruta na dieta.....	20

CAPÍTULO II

	Pág.
Tabela 1 - Composição química do resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel....	35
Tabela 2 - Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais	35
Tabela 3 - Consumo de nutrientes em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.....	39
Tabela 4 - Parâmetros hematológicos em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.	40
Tabela 5 - Concentrações séricas de Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	44
Tabela 6 - Concentrações séricas de glicose, colesterol e triglicerídeos em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	47
Tabela 7 - Concentrações séricas de proteínas totais (PT), albumina e globulinas em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel	48
Tabela 8 - Atividade das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e fosfatase alcalina (FA) em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	50

CAPÍTULO III

	Pág.
Tabela 1 - Composição química do resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.....	60
Tabela 2 - Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	60
Tabela 3 - Consumo de matéria seca (CMS), extrato etéreo (CEE) e fibra em detergente neutro (CFDN) em cabras lactantes alimentadas com resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.....	63

Tabela 4 - Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos físicos do fluído ruminal de cabras em lactação.....	65
Tabela 5 - Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos microbiológicos do fluido ruminal de cabras em lactação.....	66
Tabela 6 - Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos bioquímicos e microbiológicos do fluído ruminal de cabras em lactação.....	67

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

	Pág.
Figura 1 - Obtenção de biodiesel a partir da transesterificação etílica do óleo residual de fritura.....	17

CAPÍTULO II

	Pág.
Figura 1 - Teores de Cálcio sérico (mg/dL) em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.	44
Figura 2 - Concentrações séricas de Fósforo (mg/dL) em cabras lactantes alimentadas com resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.....	45

CAPÍTULO III

	Pág.
Figura 1 - Consumo de extrato etéreo (kg/dia) em cabras lactantes alimentadas com resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel	64

RESUMO GERAL

SANTOS, C.B. Parâmetros Hematológicos, Bioquímicos e Ruminais em Cabras Lactantes Alimentadas com dietas contendo Resíduo Lipídico Oriundo da Produção do Biodiesel. 2016. 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2016.

RESUMO – Objetivou-se avaliar o perfil hematológico, a bioquímica sérica e os aspectos físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal em cabras lactantes alimentadas com resíduo lipídico (RL; 30,62% de glicerol), oriundo da produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura. Foram utilizadas oito cabras, com aproximadamente dois anos de idade e $42,06 \pm 3,5$ kg de peso corporal (PC), mantidas em baias individuais recebendo dietas contendo 0, 7, 14 e 21% de RL na matéria seca (%MS). O experimento teve duração de 80 dias, sendo dividido em quatro períodos de 20 dias, sendo 15 dias para adaptação e cinco dias para coleta de dados. O delineamento utilizado foi o de quadrado latino 4×4 , sendo conduzido dois quadrados simultâneos. As amostras de sangue foram coletadas no 1º, 3º e 5º dias de coleta, sempre antes dos animais receberem a alimentação da manhã. A coleta foi realizada por punção da veia jugular para realização de hemograma e perfil bioquímico-sérico. Foram colhidos 200 mL de líquido ruminal, via sonda orogástrica, durante o quinto dia de cada período experimental, quatro horas após o fornecimento da ração. Contrastes ortogonais foram testados para efeitos linear e quadrático, bem como os efeitos de 0% do RL na dieta e em comparação com os outros tratamentos e 7% vs 14 e 21% de RL, sendo estes significativos quando o $P \leq 0,05$. Para os parâmetros sanguíneos, os consumos de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB) e de matéria mineral (CMM) expressos em kg/dia, decresceram linearmente ($P < 0,05$) e o consumo de extrato etéreo (CEE) comportou-se de forma quadrática. Houve efeito linear decrescente para as concentrações do hematócrito ($P = 0,002$), hemoglobina ($P = 0,025$) e hemácias ($P = 0,000$). O contraste $0\% \times \text{RL}$ foi significativo ($P = 0,029$) apenas para a contagem de hemácias. Houve efeito linear decrescente ($P = 0,037$) para as concentrações séricas de fósforo e uma tendência quadrática ($P = 0,056$) para as concentrações séricas de cálcio. No entanto, não foram verificados efeitos significativos ($P > 0,05$) para as concentrações de magnésio, glicose, colesterol total, triglicerídeos, proteína total, albumina, globulinas, ureia e creatinina, aspartato aminotransferase (AST) e fosfatase alcalino (FA). A inclusão de RL influenciou ($P = 0,0001$) a motilidade e densidade dos protozoários. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sob pH, concentração de N-NH_3 e percentual de protozoários do líquido ruminal. Houve efeito linear crescente sob o tempo de flotação e sedimentação (TFS). Conclui-se que o RL provoca alterações nos parâmetros sanguíneos e ruminais, sugerindo, portanto, a inclusão de até 7% na MS, sem promover alterações metabólicas.

Palavras-chave: bioquímica sérica, fermentação ruminal, glicerol, hemograma

SANTOS, C.B. Hematologic parameters, biochemicals and ruminal of lactating goats fed diets containing residue lipid native of biodiesel production. 2016. 73f. Dissertation (Master of Animal Science) - Federal University of Piauí, Bom Jesus, 2016.

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the hematologic profile, serum biochemical and physicochemical aspects and microbiological of rumen fluid from lactating goats fed lipid residue (LR, 30.6% glycerol), derived from the production of biodiesel from waste oil frying. Eight goats, about two years and 42.06 ± 3.5 kg body weight (BW) were used, maintained in individual stalls receiving four diets containing 0, 7, 14 and 21% of LR (% DM). The experiment lasted 80 days, divided into four periods of 20 days with 15 days for adaptation and five days for data collection. The design was a Latin square 4×4 being conducted two simultaneous squares. Blood samples were collected at 1, 3 and 5 days of data collection, always before the animals received feeding in the morning. It was collected 200 mL of rumen fluid by orogastric tube during the fifth day of each trial period, four hours after feeding. Orthogonal contrasts were tested for linear and quadratic effects and the effects of 0% LR in the diet compared to other treatments, which are significant when $P \leq 0.05$. The blood parameters, dry matter intake (DMI), crude protein (CPI) and mineral matter intake (MMI; kg/day) decreased linearly ($P < 0.05$) while ether extract intake (EEI) increased quadratically. There was a linear decrease on hematocrit concentrations ($P = 0.002$), hemoglobin ($P = 0.025$) and red blood cells (RBC; $P = 0.000$). The contrast 0% \times LR was significant ($P = 0.029$) only for the RBC count. Linear decreases were observed ($P = 0.037$) for the serum concentrations of phosphorus and a quadratic trend ($P = 0.056$) for the serum concentrations of calcium. However, significant effects were detected ($P > 0.05$) for concentrations of magnesium, glucose, total cholesterol, triglycerides, total protein, albumin, globulin, urea, creatinine, aspartate aminotransferase (AST) and alkaline phosphatase (AP). The inclusion of LR influenced ($P = 0.0001$) motility and density of protozoa. There was no effect ($P > 0.05$) of the treatments under pH, N-NH₃ concentration and percentage of ruminal protozoa. There was a linear increase in the sedimentation and flotation times. We conclude that the LR causes changes in the blood and ruminal parameters, thus it is suggested the inclusion of up to 7% of total DM without promoting metabolic problems.

Keywords: blood count, fermentation, glycerol, serum biochemistry

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de ruminantes tem se destacado como uma atividade importante no cenário brasileiro. Dentre essa produção, tem-se a caprinocultura, que cresceu significativamente nessa última década. Entre as regiões do Brasil, a região Nordeste se destaca como o maior produtor dessa atividade, concentrando cerca de 91% do efetivo nacional (IBGE, 2013).

A alimentação de caprinos demanda pastagens, principalmente quando estes são criados extensivamente, por possuir menor custo. Por outro lado, tem-se adotado o sistema intensivo para produção de pequenos ruminantes, tornando-se uma boa opção, pois possibilita melhor desempenho animal. Porém, entre os entraves nesse tipo de sistema, o principal está relacionado aos ingredientes usados para a formulação de rações, os quais são baseados em farelos de milho e soja, tornando a prática mais onerosa. (LAGE et al., 2010).

Neste cenário surge a necessidade de estudos que visam à diminuição dos custos na produção animal, com objetivo de buscar fontes alimentares com menor custo. Ultimamente, tem-se buscado alimentos que venham substituir parcial ou totalmente o concentrado e que também atue na redução dos danos ambientais provocados pelo uso de fontes de energia não renováveis. A inclusão de fontes energéticas advindas da produção de biodiesel e das indústrias destinadas à produção de alimentos para a população humana, tem se tornado uma alternativa para alimentação animal.

A utilização de biocombustíveis vem se mostrando como potencial fonte energética complementar ou substitutiva, entre as quais o biodiesel vem ganhando destaque, pois além de ser fonte renovável de energia, é considerado ecológico, biodegradável, atóxico, livre de enxofre e compostos aromáticos (ABDALLA et al., 2008), e pode ser produzido a partir de gordura animal, óleos vegetais e óleo de cozinha reciclado. No processo de produção do biodiesel, alguns coprodutos são gerados, tais como tortas, farelos e a glicerina bruta, sendo este último o coproduto de maior importância (COOPER; WEBER, 2012).

A glicerina tem sido considerada potencial ingrediente energético, podendo ser incluída na alimentação de ruminantes em substituição ao milho (DONKIN et al., 2009; PARSONS et al., 2009; TERRÉ et al., 2011). Uma característica importante da glicerina é o glicerol ser transformado em ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, principalmente em ácido propiônico (BERGNER et al., 1995), promovendo melhor aporte energético aos animais.

O óleo de fritura residual, quando descartado de forma incorreta em redes de esgotos, é considerado um grande poluidor dos sistemas fluviais, provocando prejuízos ambientais, além disso, interfere negativamente no tratamento de esgotos. Uma forma de evitar este fato é o incentivo à prática da reciclagem. O óleo residual, seja ele proveniente de restaurantes, indústrias ou residências, pode ser utilizado na fabricação de sabão e também na produção de biodiesel. A produção do biodiesel a partir de óleos residuais de fritura possui várias vantagens dentre elas pode-se destacar, o baixo preço da matéria-prima e, conseqüentemente, do biodiesel, além dos benefícios ambientais.

A utilização de óleos residuais provenientes da produção do biodiesel na alimentação de ruminantes é vantajosa, pois o lipídio apresenta 2,25 vezes mais conteúdo energético que os carboidratos (SILVA et al., 2007a), além de diminuir o custo com o adição de fontes energéticas na dieta, uma vez que seu custo é diminuto por ser um resíduo, na maioria das vezes, desprezado. Diante disso, para avaliar o potencial de utilização desses resíduos na alimentação animal, torna-se necessário a realização de estudos para verificar seus efeitos na produção e saúde animal. Tais conhecimentos permitirão verificar os melhores níveis de participação do resíduo na dieta, auxiliando no manejo alimentar dos animais.

A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPI da seguinte forma: INTRODUÇÃO GERAL; CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura, elaborada de acordo com as normas da ABNT; CAPÍTULO 2 – artigo científico intitulado: “Parâmetros hematológicos e bioquímica sérica de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel”; CAPÍTULO 3 – artigo científico intitulado: “Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel” e CONSIDERAÇÕES FINAIS.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

Elaborada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas
(<http://www.abnt.org.br/normalizacao/lista-de-publicacoes/abnt>)

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Produção de caprinos no Brasil e região nordeste

A caprinocultura nos últimos anos destacou-se como uma das principais atividades econômicas do Brasil, e ainda encontra-se em processo de expansão. É uma atividade realizada por pequenos e grandes produtores de leite, carne e pele, e sua introdução na região Nordeste do Brasil pode ser considerada medida importante e essencial ao desenvolvimento rural. Essa criação destaca-se no semiárido, onde predomina o sistema extensivo de criação (ROCHA et al., 2009).

Trata-se de atividade difundida e conhecida, sendo bastante utilizada nas diversas regiões do Brasil. As adversas condições edafoclimáticas encontradas no Nordeste brasileiro fazem das plantas nativas um recurso indispensável para o desenvolvimento da pecuária (SOUZA et al., 2010). Nesse sentido, a criação de caprinos é mais apropriada para região pela facilidade de adaptação que essa espécie apresenta, sendo que, as raças adaptadas ao calor do nordeste são importantes, por produzirem sob condições ambientais que podem extrapolar o limite de conforto (MOUSINHO et al., 2014). Com isso, a espécie desempenha um papel fundamental para a economia.

Os produtores do semiárido nordestino têm buscado melhorias na produtividade por meio da introdução de raças exóticas como alternativa viável para contornar o problema de baixo desempenho dos rebanhos nativos do Nordeste (SANTOS et al., 2005). Nesse contexto, os caprinos da raça Anglo-Nubiana já se encontram difundidos na região, inseridos nas condições ambientais e nos sistemas de criação (ROCHA et al., 2009). Nessa perspectiva, tem sido a mais usada pelos produtores, especialmente para a produção de leite na porção leste da região (FREITAS et al., 2004), caracterizando-se por apresentar dupla aptidão, tanto para produção de carne quanto leite.

Os caprinos da raça Anglo-Nubiana são assim denominados devido aos cruzamentos entre caprinos da Núbia (Sudão) e da Inglaterra, com o duplo objetivo de produção de carne e leite. Além disso, apresentam adaptabilidade a regiões semiáridas por ter na sua formação a presença de raça originária de país de clima quente (SILVA et al., 2006b).

O estado do Piauí, como os demais do Nordeste, apresenta um número significativo de caprinos da raça Anglonubiana. Segundo Silva et al. (2011) a raça representa 36,4% do efetivo de rebanho no estado do Piauí. Porém, em maior quantidade na forma de mestiços,

razão pela qual já assume importância socioeconômica para o estado ao participar complementando a renda familiar no campo (SIDER; ZAROS, 2008). No entanto, o sistema de criação de caprinos adotados pelos produtores, na maioria pequenos produtores da região do semiárido, é o sistema extensivo que predispõe os animais a condições nutricionais, temperatura e umidade inadequadas em determinadas épocas do ano (ROCHA et al., 2009).

Na nutrição de ruminantes há uma tendência à pesquisas com enfoque na procura de alimentos alternativos, uma vez que técnicos e produtores empenham-se na diminuição de custos com a alimentação. Desta forma, a utilização de coprodutos ou mesmo resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes vem sendo pesquisada visando melhorar os índices produtivos e o menor impacto ambiental (ABDALLA et al., 2008).

1.2. Obtenção do biodiesel a partir do óleo residual de fritura

Atualmente, tem-se observado na literatura que existem pesquisas para o aproveitamento correto dos produtos gerados pela indústria, comércio e população de forma geral, com intuito de diminuir os danos ambientais e aproveitamento destes na produção animal, reduzindo os custos com a alimentação animal. O óleo residual, resultante da fritura, pode ser utilizado na dieta animal como fonte energética, pois, grande quantidade é imprópriamente descartada, tornando-se um problema ambiental (SCARPINO et al., 2014).

No Brasil parte do óleo vegetal residual oriundo do consumo humano é destinado para fabricação de sabões, e em menor volume para produção de biodiesel. Contudo muitas vezes, parte deste resíduo é descartado na rede de esgoto danificando as tubulações, sendo que a difícil solubilidade dos óleos vegetais constitui um fator negativo, quanto a sua degradação em unidades de tratamento de dejetos por processos biológicos, causando problemas no tratamento de água quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público (MIYASHIRO et al., 2013).

Além disso, a reutilização de óleos e gorduras vegetais residuais de processos de fritura de alimentos tem se mostrado atraente, pois após a sua utilização na cadeia alimentar pode-se reutilizá-lo, aproveitando desta forma, o óleo vegetal residual como uma matéria-prima para produção de um combustível dando assim uma destinação alternativa a este resíduo (MIYASHIRO et al., 2013). No entanto, o problema de empregar estes óleos na produção do biodiesel é o alto teor de ácidos graxos livres que estes apresentam, sendo

necessário aplicar um processamento adicional de esterificação (Figura 1) (RAMOS et al., 2011).

O processo de esterificação de ácidos graxos é usado na produção do biodiesel quando se utilizam matérias-primas com alta acidez. Esta reação, também denominada pré-tratamento, é seguida pela etapa de transesterificação alcalina (RAMOS et al., 2011); trata-se de um procedimento clássico onde o óleo vegetal, após um tratamento prévio (filtração, neutralização e secagem), é enviado a um reator onde, na presença de uma solução contendo o catalisador alcalino e um álcool como o metanol, é transesterificado com a subsequente produção de ésteres metílicos e coprodutos.

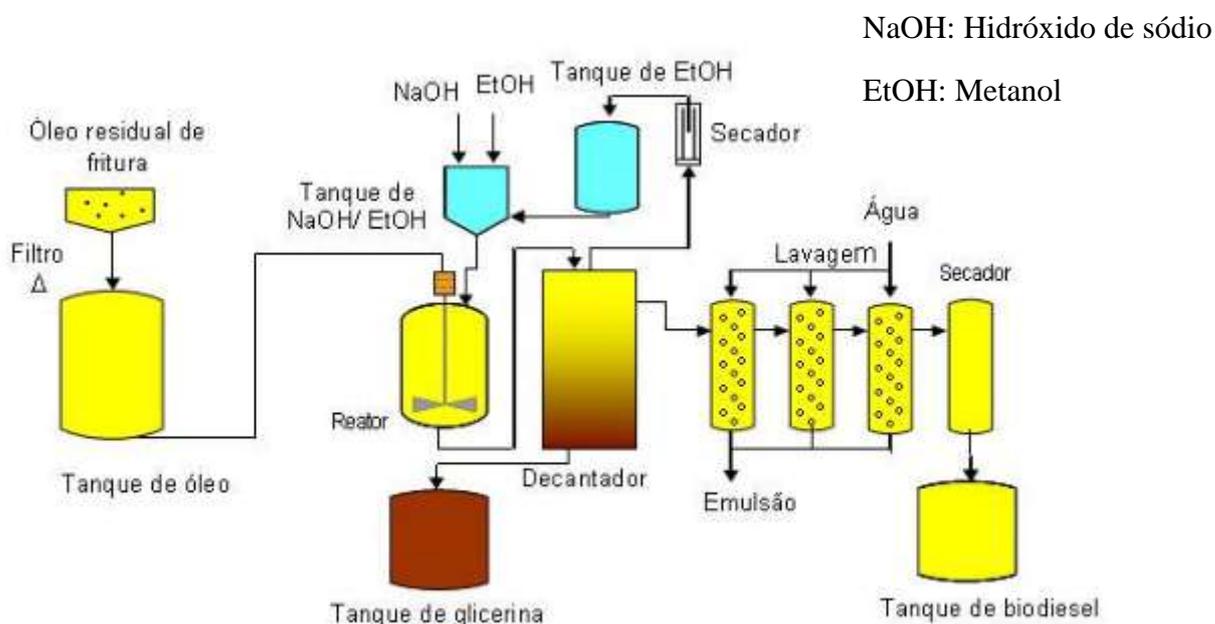


Figura 1: Obtenção de biodiesel a partir da transesterificação etílica do óleo residual de fritura (Fonte: CHRISTOFF, 2006).

Através deste processo, ocorre à formação do biodiesel, gerando co-produtos, como a glicerina bruta, entretanto, sua composição parece variar bastante, de acordo com o percentual de glicerol e metanol presente. Atribui-se esta variação da composição da glicerina bruta ao fato de não haver, por parte da indústria brasileira, maiores preocupações com o processo de separação do biodiesel e glicerol, o que pode acontecer em agroindústrias de pequeno porte (LAGE et al., 2010). De acordo com a *Food and Droug Administration* (FDA, 2014) a concentração de metanol na glicerina bruta não deve ultrapassar 150 mg/kg. Portanto, o estudo do potencial de uso de glicerina proveniente da

indústria de biodiesel como ingrediente energético na alimentação de animais é de relevante interesse científico, econômico e ambiental (GOMES et al., 2011).

1.3. Parâmetros de fermentação ruminal

1.3.1 Glicerol na dieta de ruminantes

A utilização de coprodutos oriundos da produção do biodiesel na alimentação de ruminantes surge como alternativa, que pode contribuir para o crescimento das atividades agropecuárias, em termos de produtividade e rentabilidade. O biodiesel, substituto natural do diesel, é produzido através de produtos naturais, como a gordura animal, óleos vegetais e óleos reciclados (utilizados para frituras) (RAMOS et al., 2011). Nesse sentido, vários pesquisadores têm desenvolvido estudos em relação à inclusão de glicerina nas dietas de ruminantes (HALES et al., 2013; LAGE et al., 2014).

A substituição do milho pelo glicerol constitui uma estratégia importante na formulação de rações para ruminantes, principalmente quando o preço do milho está em alta. Assim, o aumento na produção de biodiesel e a produção de glicerol, combinados à maior demanda do milho na produção de etanol, podem garantir o uso deste coproduto utilizado como fonte energética na ração animal, visto que o glicerol pode ser incluído até 15% na matéria seca da dieta, sem interferir na ingestão de alimentos nem na produção animal (DONKIN, 2008).

O glicerol é fermentado no rúmen a ácidos graxos de cadeia curta, de modo que 50 a 70% do glicerol desaparecem do rúmen em 4 horas, levando a um aumento na produção de propionato e butirato, além de diminuir a razão acetato:propionato, sendo que estes, são utilizados como principais fontes de energia para manutenção e produção animal (DONKIN, 2008). Cerca de 13% do glicerol consumido desaparecem do rúmen acompanhando a ingesta, 44% pela fermentação e 43% pela absorção através da parede ruminal (KREHBIEL, 2008). O glicerol é metabolizado no fígado, lá é convertido em glicose para gerar energia para o metabolismo celular. O glicerol liberado no catabolismo do triacilglicerol é transformado em glicose por meio da fosforilação em Glicerol-3-fosfato catalisado pela enzima glicerol-quinase, iniciando assim a gliconeogênese (LAGE et al., 2010).

Pellegrin et al. (2012) avaliaram o efeito de níveis de glicerina bruta sobre o consumo de suplemento e o desempenho de cordeiros lactentes distribuídos nos tratamentos: 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta, em substituição ao milho. Os autores observaram que níveis de até 30% de glicerina bruta, em substituição ao milho, no

suplemento fornecido para cordeiros lactentes pastejando azevém não comprometeu o consumo de suplemento, desempenho e período de terminação dos animais. Essa viabilidade de inclusão de até 30% de glicerina bruta no suplemento para ovinos pode estar relacionada à capacidade de os microrganismos ruminais se adaptarem ao fornecimento de glicerol (KREHBIEL, 2008).

Barros et al. (2015), utilizando glicerina bruta (439 g/kg MS da ração) na alimentação de cordeiros mestiços Santa Inês x Dorper, castrados, com níveis de 0; 26,5; 53,3; 80,6 e 108,4 g/kg de glicerina bruta na MS da ração, encontraram redução linear no consumo de MS, proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos não fibrosos (CCNF), porém o CEE aumentou linearmente, pois segundo os autores, este fato pode ser atribuído ao alto teor de ácidos graxos (33,6%) presente na glicerina bruta. Além disso, Os autores também atrelaram este fato à qualidade da glicerina utilizada, com baixa quantidade de glicerol e por possuir níveis elevados de metanol.

De modo semelhante, Lage et al. (2010), que trabalharam com níveis de inclusão da glicerina 0, 3, 6, 9 e 12% na MS com (36,20% de glicerol) em substituição ao milho em dietas de cordeiros recém-desmamados, observaram que o CMS, CPB e CFDN decresceram linearmente à medida que se aumentou os teores de glicerina bruta na dieta, e contrariamente, observaram efeito quadrático sobre o CEE.

Em estudos com bovinos, avaliando a inclusão de glicerina bruta em níveis variando entre (2,5 e 30% com base na MS) na dieta, os autores relatam que não houve interferência dessa adição no CMS (GUNN et al., 2011; HALES et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2014). Porém, Boyd et al. (2013) utilizando glicerina (80-85% glicerol) em dietas para vacas leiteiras em início de lactação, com inclusão de 0, 200, e 400 g/dia de glicerol, relataram redução no CMS. Chanjula et al. (2014) avaliando os efeitos da suplementação com glicerina bruta nos níveis (0%, 5%, 10% e 20% na MS) substituindo grãos de milho sob a digestibilidade de nutrientes, características de fermentação ruminal, metabólitos sanguíneos e balanço de nitrogênio de cabras, verificaram que o CMS não foi afetado pela inclusão de glicerina bruta na dieta.

O consumo de matéria seca é um fator determinante para o desempenho produtivo dos animais (LEÃO et al., 2012). Devido à variabilidade na sua composição, são necessários estudos que viabilizem o uso na alimentação animal e para isto, é necessário avaliar os componentes sanguíneos e ruminais, a fim de esclarecer os efeitos no organismo animal. Podem ser observados na (Tabela 1) as variações no CMS em ovinos e bovinos suplementados com dietas com diferentes proporções de glicerol na glicerina bruta.

Tabela 1. Consumo de matéria seca (CMS) em ovinos, caprinos e bovinos, com inclusão de glicerina bruta na dieta.

Fonte	Animal	% Glicerol	Unidade	CMS
Barros et al. (2015)	Ovinos	43,90	kg/dia	Reduziu
Van Cleef et al. (2014)	Bovinos	86,00	kg/dia	Não alterou
Chanjula et al. (2014)	Caprinos	87,61	Kg/dia	Não alterou
Boyd et al. (2013)	Bovinos	80-85	kg/dia	Reduziu
Martins et al. (2013)	Ovinos	94,20	kg/dia	Não alterou
Lage et al. (2010)	Ovinos	36,20	g/dia	Reduziu

1.3.2 Glicerol e lipídios na dieta de ruminantes

A utilização de subprodutos ou resíduos industriais na dieta dos animais é uma das formas de reduzir custos com alimentação, entretanto, esta estratégia envolve a criteriosa avaliação do subproduto em questão quanto aos seus valores nutricionais e quanto aos efeitos no ambiente ruminal. Deste modo, o exame das características do fluido ruminal é de fundamental importância para conhecer os processos fermentativos (GARRY, 2002). O conteúdo do rúmen pode ser verificado quanto aos aspectos físicos (cor, odor, consistência e tempo de sedimentação e flotação); quanto às características químicas (pH, tempo de redução do azul de metileno) e quanto aos parâmetros microbiológicos (avaliação de bactérias e de protozoários) (ROSENBERGER, 1993).

A alimentação influencia diretamente nos parâmetros fermentativos dos ruminantes, pois é no meio ruminal que são gerados os substratos que serão usados pelos ruminantes para composição celular, produção de energia, vitaminas, minerais e demais nutrientes necessários para manutenção do metabolismo e saúde do animal. Esses substratos são gerados graças ao ambiente ruminal, pois este é povoado por três tipos de microrganismos ativos no seu interior (bactérias, protozoários e fungos). A microbiota ruminal é constituída principalmente por bactérias (10^{10} - 10^{11} células/mL), protozoários (10^4 - 10^6 células/mL) e fungos anaeróbicos (10^3 - 10^5 zoósporos/mL). Os protozoários foram os primeiros microrganismos a serem descritos neste nicho e podem representar 2% de peso do conteúdo ruminal, 40% do nitrogênio total e 60% do produto final da fermentação (KAMRA, 2005). As bactérias representam entre 60 a 90% da biomassa microbiana, constituída com cerca de 200 espécies (KOZLOSKI, 2002).

A microbiota ruminal é responsável por fermentar os componentes dos alimentos (carboidratos e proteínas) transformando-os esses componentes em subprodutos como ácidos graxos voláteis, proteína microbiana e vitaminas do complexo B e K, que são utilizados pelo microrganismo animal. Os protozoários ruminais estão associados à redução no suprimento de aminoácidos ao intestino e à maior reciclagem de nitrogênio microbiano no rúmen (IVAN et al., 2001).

Dentre os parâmetros que podem ser avaliados, o pH ruminal juntamente com a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) são ferramentas importantes para entender a eficiência de utilização dos alimentos, pois fornecem informações a respeito dos processos de fermentação ruminal (FURTADO et al., 2014).

Nos dias atuais tem-se buscado fontes alternativas alimentares que contribuam para a produção, mas que não provoquem alterações negativas no metabolismo ruminal desses animais. Segundo Weiss e Pinos-Rodrigues (2009), a utilização adequada de energia digestível e o equilíbrio adequado entre os carboidratos estruturais e não estruturais na dieta pode ser alcançado com o aumento do teor de lipídios na dieta. Nesse contexto, observa-se que existem várias pesquisas voltadas aos óleos e seus efeitos no organismo. As fontes de lipídicas tem sido alvo de pesquisas nesses aspectos.

Em um estudo avaliando a fermentação ruminal e microbiologia do rúmen em novilhos da raça Nelore alimentados com dietas contendo diferentes teores de lipídios com 20, 40 e 60 g/kg de matéria seca, Messana et al. (2013) observaram que o pH do rúmen diminui de forma quadrática nos animais que receberam o teor mais alto de lipídio na dieta (60 g/kg), em comparação com os animais que receberam (20 e 40 g/kg). Contudo, os autores concluíram que a adição de lipídios reduz o pH do rúmen, o acetato e propionato, a concentração de ácidos graxos voláteis e a concentração de nitrogênio amoniacal, mas não altera a digestibilidade das rações.

De acordo com Cenkvari et al. (2005) a inclusão de lipídios em níveis superiores a 5% da matéria seca em rações para animais provoca alterações nos padrões fermentativos do rúmen. Os óleos vegetais, ricos em ácidos graxos insaturados, podem acarretar efeitos negativos no ambiente ruminal, incluindo a diminuição da digestibilidade das frações fibrosas da dieta (SILVA et al., 2007b). O padrão de fermentação ruminal pode ser modificado em função da dieta fornecida aos animais, levando a uma variação na proporção média de ácidos graxos voláteis (ZAMBOM et al., 2007).

Outro estudo realizado por Silva et al. (2007b) estudando o efeito da suplementação de lipídios com óleo de soja, sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longas, observaram

que a suplementação lipídica não influenciou o pH, a síntese e a eficiência de proteína microbiana, no entanto, reduziram a concentração de amônia no rúmen. Os autores concluíram que a suplementação com lipídios no nível de 4,5% pode ser utilizada de modo eficiente em dietas para caprinos.

Também tem se investigado os efeitos da suplementação de lipídios sobre a população de protozoários ruminais. A suplementação lipídica tem sido associada com a redução na população de protozoários (IVAN et al., 2001; BALIEIRO-NETO; MELLOTI, 2007). Corroborando com esse fato, Martinele et al. (2008) encontraram resultados insatisfatórios ao avaliaram os efeitos da monensina e do óleo de soja na dieta de vacas lactantes sobre a contagem de protozoários ciliados, estabelecendo correlações entre os protozoários com alguns parâmetros da digestão e da fermentação. Os autores verificaram que a utilização de monensina ou óleo de soja na dieta de ruminantes promove redução no número de protozoários, enquanto quase completa defaunação resulta quando estes dois ingredientes são fornecidos em conjunto, o que sugere que o óleo de soja e monensina apresentam efeito aditivo sobre a população de ciliados.

No entanto, Rufino et al. (2011) avaliaram os efeitos da inclusão de torta de macaúba nos níveis de 0, 5, 10 e 15% na dieta sobre a população de protozoários ruminais de caprinos e constataram que a inclusão de torta de macaúba no nível de 5% da dieta não promove alterações na concentração média dos protozoários no líquido ruminal em comparação ao grupo controle com 0% de inclusão. Por outro lado, as dietas com 10 e 15% de torta promoveram aumento significativo da concentração média de protozoários, no entanto, não reduziram a concentração de protozoários dos outros grupos. Segundo os autores, esse subproduto pode ser uma alternativa segura para esses microrganismos ruminais. Abubakr et al. (2013) testaram os efeitos de óleo de palma e torta de dendê na dietas de cabras sob a contagem de protozoários, fermentação ruminal e digestibilidade. Os autores verificaram que houve efeito sob a concentração média de N-NH₃ mg/dL, foi influenciada pela dieta.

Abo El-Nor et al. (2010) avaliando os efeitos de diferentes níveis de glicerol (0, 36, 72 e 108 g/kg na MS) sobre a fermentação ruminal e bactérias de duas vacas Holandesas fistuladas no rúmen, observaram que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) para as variáveis de pH e concentração de N-NH₃. Para Parsons et al. (2009), a adição de mais de 5,0% de glicerina na dieta pode afetar a ação do microbiota ruminal, e essa ação interfere na fermentação do rúmen. Mach et al. (2009), avaliaram o desempenho e fermentação ruminal de novilhos recebendo alimentação com dieta contendo 4%, 8% ou 12% de

glicerina com (85,7% de glicerol MS da dieta) e observaram que a adição de 8% de glicerina bruta reduziu o pH ruminal para 5,68.

Já Instuasti et al. (2014) investigaram os efeitos do glicerol com fontes de gorduras como alternativa na alimentação de novilhos Nelore. Nesse estudo, todas as dietas formuladas continham 10% de glicerol bruto e 5% de extrato etéreo. Os resultados mostraram que o uso de fontes lipídicas combinadas com glicerol não induziu alterações significativas no pH ruminal, proporção molar de acetato, proteína microbiana ruminal ou consumo de matéria seca. Segundo os autores, a associação entre gordura e glicerol podem afetar os parâmetros de fermentação ruminal por meio da redução de ingestão de fibra e aumentar a produção de propionato e nitrogênio amoniacal.

1.4 Parâmetros sanguíneos

Os parâmetros sanguíneos têm sido usados para investigar o estado de saúde dos animais (SILVA et al., 2006a; SILVA et al., 2010; MENEZES et al., 2012; SILVA et al., 2012), principalmente, quanto ao efeito da alimentação sobre esses parâmetros. Além disso, existem outros fatores que contribuem para gerar alterações desses parâmetros, como a espécie, idade, sexo, estado fisiológico, hora do dia, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, atividade muscular e estado nutricional de cada animal (SILVA et al., 2010). Os constituintes sanguíneos possuem relação direta com o tipo de alimento.

Existe na literatura dados relacionando a alimentação e seus efeitos nos parâmetros hematológicos e bioquímicos (MARTINS et al., 2013; BRÁS et al., 2014; SILVA et al., 2014; GRESSLER et al., 2015). Atualmente, tem-se buscado alimentos alternativos que incrementem a eficiência energética da dieta e melhorem a eficiência alimentar. A inclusão de lipídios, como os óleos vegetais, óleos residuais, e resíduos como fonte de glicerol, gerados a partir da produção do biodiesel, como glicerina bruta, tortas e farelos, tem potencial de fornecer esse incremento, no entanto, seus efeitos nesses parâmetros sanguíneos devem ser elucidados para melhor compreensão de tais efeitos no organismo animal.

Silva et al. (2006a) avaliaram o efeito de dietas com diferentes níveis de lipídios e proteína no período mais quente do ano sobre a resposta fisiológica e hematológica de reprodutores caprinos sob estresse térmico. Nesse estudo, a dieta não alterou os parâmetros sanguíneos (hematócrito, eritrócitos, hemoglobina, hemoglobina corpuscular média e volume globular médio). Contudo, os autores concluíram que os diferentes níveis de

proteína e lipídio na dieta não exercem efeito sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos dos animais estudados nas condições do experimento.

Silva et al. (2012) trabalharam com cinco níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30% na MS) na dieta sob os efeitos no hemograma de bovinos da raça Nelore. Nesse trabalho, os autores constataram que não houve efeito dos tratamentos sobre as concentrações de hemácias, hematócrito, basófilos, eosinófilos, neutrófilos bastonete e linfócito, porém, houve aumento nas concentrações de plaquetas, hemoglobina e monócitos de acordo com a inclusão de glicerina bruta na dieta. No entanto, constataram que os valores médios desses parâmetros encontraram-se dentro dos sugeridos pela literatura. Contudo, os autores concluíram que a inclusão de glicerina bruta na dieta de bovinos Nelore, promove alterações no quadro eritrocitário e leucograma, mas, não interferem na saúde desses animais.

Em estudo realizado por Martins et al. (2013) avaliando os constituintes metabólicos sanguíneos de borregas Texel, suplementadas com 20% de glicerol em substituição ao milho, notaram que a adição de glicerol na dieta não alterou as concentrações de fósfatase alcalina (FA), proteína plasmática total (PPT), albumina, triglicerídeos e ureia no sangue das borregas. Analisando a adição de 15%, 30% ou 45% de glicerina na MS, com (89,5% de glicerol) na dieta de cordeiros Gunn et al. (2010), verificaram redução nas concentrações séricas de glicose com inclusão da glicerina, podendo estar associado com a menor ingestão de matéria seca conforme as concentrações de glicerina foram acrescentadas na dieta.

Já Silva et al. (2010) avaliaram o perfil metabólico de cabras em lactação submetidas a dietas com diferentes fontes de lipídios e não encontraram diferenças em relação à concentração sérica de ureia, creatinina, cálcio, fósforo, magnésio e glicose. No entanto, os níveis séricos de albumina foram maiores nos animais que receberam o tratamento com torta de faveleira em relação à dieta controle. Por esse aspecto, os autores concluíram que as fontes de oleaginosas podem ser utilizadas na suplementação lipídica de cabras Saanen em lactação, entretanto animais alimentados com torta de faveleira apresentaram um perfil metabólico mais saudável em função da suplementação lipídica.

Em estudo realizado por Menezes et al. (2012) constataram que não há variação nos valores médios de ureia, hemoglobina, proteínas totais, glicose, aspartato aminotransferase (AST) e cálcio em ovinos alimentados com dietas com farelo de mamona destoxificada. No entanto, dietas com níveis de substituição de 15, 30, e 45% do farelo de soja pelo farelo

de mamona detoxificado e sem substituição promoveram teores de ureia séricos acima do intervalo fisiológico normal.

Apesar da grande variabilidade e dos efeitos provocados no organismo animal, o uso de coprodutos oriundos do biodiesel na alimentação de ruminantes mostra-se viável, contribuindo para o desempenho animal, por ser uma fonte de energia para o metabolismo, proporcionando maior aporte energético. Além disso, é uma alternativa promissora para os produtores rurais, que podem ter os custos com a alimentação reduzidos.

2. REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-258, 2008.

ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A.A.; POTU, R.B.; HASTINGS, D.; KHATTAB, M.S.A. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.162, p.99-105, 2010.

ABUBAKR, A.R.; ALIMON, A.R.; YAAKUB, H.; ABDULLAH, N.; IVAN, M. Digestibility, rumen protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.12, p.147-154, 2013.

BALIEIRO-NETO, G.; MELLOTI, L. Produção de ácidos graxos voláteis e contagem de protozoários ruminais em bovinos suplementados com gordura. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, n.2, p.115-121, 2007.

BARROS, M.C.C.; MARQUES, J.A; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; GUIMARÃES, G.S.; SILVA, L.L.; ARAÚJO, F.L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 453-466, 2015.

BERGNER, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z.; SZAKACS, J. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **Archiv fur Tierernaehrung**, v.45, p.245-256, 1995.

BOYD, J.; BERNARD, J.K.; WEST, J.W. Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 470-476, 2013.

BRÁS, P.; POSSENTI, R.A.; BUENO, M.R.; CANOVA, E.B.; SCHAMMAS, E.A. Avaliação nutricional de coprodutos da extração de óleos vegetais em dieta de ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, v.71, n.2, p.160-175, 2014.

CENKVÁRI, E.; FEKETE, S.; FÉBEL, H.; VERESEGYHÁZI, T.; ANDRÁSOF SZKY. Einvestigation on the effects of ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.172-178, 2005.

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrients, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.27, n.3, p.365-374, 2014.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense**. 2006, 82f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia – Curitiba, 2006.

COOPER, G; WEBER, J.A. An outlook on world biofuel production and its implications for the animal feed. . In: H.P.S. Makkar (Ed.), **Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges**. Rome, 2012. p.1-12.

DONKIN, S.S.; KOSER, S.L.; WHITE, H.M.; DOANE, P.H.; CECAVA, M.J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.5111-5119, 2009.

DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 280-286, 2008.

FDA. Food and Drug Administration. **Code of Federal Regulations**, 21CFR582.1320, título 21,v.6, 2014.

FREITAS, V.J.F.; LOPES-JUNIOR, E.S.; RONDINA, D.; SALMITO-VANDERLEY, C.S.B.; SALLES, H.O.; SIMPLÍCIO, A.A.; BARIL, G.; SAUMANDE, J. Puberty in Anglo-Nubian and Saanen female kids raised in the semi-arid of North-eastern Brazil. **Small Ruminant Research**, v.53, p.167-172, 2004.

FURTADO, R.N.; CARNEIRO, M.S.S.; CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, F.H.T.; ROGÉRIO, M.C.P.; SILVA, D.S. Balanço de nitrogênio e avaliação ruminal em ovinos machos e fêmeas alimentados com rações contendo torta de mamona sob diferentes tratamentos. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p.3237-3248, 2014.

GARRY, F.B. Simple indigestion. In: Smith B.P. (ed.), **Large Animal Internal Medicine**. 3. ed. Mosby, St Louis. 2002, 1735p.

GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; MATAVELI, M.; MACEDO, F.A.F.; CARNEIRO, T.C.; ROSSI, R.M. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2211-2219, 2011.

GRESSLER, M.A.L.; SOUZA, M.I.L.; SOUZA, A.S.; FILIÚ, WANDER, F.O.; AGUENA, S.M, FRANCO, G.L. Respostas bioquímicas de ovelhas submetidas a flushing de curto prazo em região subtropical. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.16, n.1, p.210-222, 2015.

GUNN, P. J.; LEMENAGER, R.P.; BUCKMASTER, D.R.; CLAEYS, M.C.; LAKE, S.L. Effects of distillers dried grains with solubles and crude glycerin on performance, carcass characteristics, and metabolic parameters of early weaned beef calves. **The Professional Animal Science**, v.27, p.283-294, 2011.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1771-1776, 2010.

HALES, K.E.; BONDURANT, R.G.; LUEBBE, M.K.; COLE, N.A.; MACDONALD, J.C. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, n.8, p.3875-3880, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 41, p.1-108, 2013.

INSTUANI, A.S.G.; SALCEDO, Y.T.G.; CASTAGNINO, P.S.; VIEIRA, B.R.; MALHEIROS, E.B.; BERCHIELLI, T.T. The effect of lipid sources on intake, rumen fermentation parameters and microbial protein synthesis in Nellore steers supplemented with glycerol. **Animal Production Science**, v. 54, n. 10, p. 1871-1876, 2014.

IVAN, M.; MIR, P.S.; KOENIG, K.M.; RODE, L.M.; NEILL, L.; ENTZ, T.; MIR, Z. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. **Small Ruminant Research**, v.41, p.221-227, 2001.

KAMRA, D.N. Rúmen microbial ecosystem. **Current Science**, v.89, p.124-134, 2005.
KOZLOSKI, G. B. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002, 139p.

KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v.86, p.392, 2008.

LAGE, J.F.; BERCHIELLI, T.T.; SAN VITO, E.; SILVA, R.A.; RIBEIRO, A.F.; REIS, R.A.; DALLANTONIA, E.E.; SIMONETTI, L.R.; DELEVATTI, L.M.; MACHADO, M. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. **Meat Science**, v.96, n.3, p.1158–1164, 2014.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; SOUZA, N.K.P.; LIMA, J.C. MOUTINHO. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.

LEÃO, J.P.; NEIVA, J.N.M.; RESTLE, J.; PAULINO, P.V.R.; SANTANA, A.E.M.; MIOTTO, F.R.C.; MÍSSIO, R.L. Consumo e desempenho de bovinos de aptidão leiteira em confinamento alimentados com glicerol. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n.4, p.421-428, 2012.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.632-638, 2009.

MARTINELE, I.; COSTA EIFERT, I.M.E.; LANA, R.P.; ARCURI, P.B.; D'AGOSTO, M. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.

MARTINS, A.S.; KACHINSKI, M.B.; GALETTO, S.L.; MOLETTA, J.L.; LEAL, L.S. Consumo, desempenho e metabólitos sanguíneos de ovelhas suplementadas com glicerol na dieta. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 788-797, 2013.

MENEZES, D.R.; COSTA, R.G.; ARAÚJO, G.G.L.; PEREIRA, L.G.R.; OLIVEIRA, P. T.L.; SILVA, A.E.V.N.; VOLTOLINI, T.V.; MORAES, S.A. Parâmetros sanguíneos, hepáticos e ruminais de ovinos alimentados com dietas com farelo de mamona destoxificado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.1, p.103-110, 2012.

MESSANA, J.D.; BERCHIELLI, T.T.; ARCURI, P.B.; REIS, R.A.; CANESIN, R.C.; RIBEIRO, A.F.; FIORENTINI, G.; FERNANDES, J.J.R. Rumen fermentation and rumen microbes in Nellore steers receiving diets with different lipid contents. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.3, p.204-212, 2013.

MIYASHIRO C.S. OLIVEIRA, C.; CAMPOS, E.; TELEKEN, J.G. Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleos residuais. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.1, p.63-76, 2013.

MOUSINHO, L.R.B.; CAMPELO, J.E.G.; SOUSA JÚNIOR, S.C.; AZEVÊDO, D.M.M.R.; LEAL, T. M.; MOURA, R.M.A.S. Respostas fisiológicas de cabras Anglonubianas a condições ambientais com temperatura elevada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.1, p.160-171, 2014.

PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DROUILLARD, J.S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v.87, p.653-657, 2009.

PELLEGRIN, R.; CAROLINA, A.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S.; SANTANA, P.P.; PELEGRINI, L.F.V.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R.S. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1477-1482, 2012.

RAMOS, L.P.; SILVA, F.R.; MANGRICH, ANTONIO S.; CORDEIRO, C.S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p.385-405, 2011.

ROCHA, R.R.C.; COSTA, A.P.R.; AZEVEDO, D.M.M.R.; NASCIMENTO, H.T.S.; CARDOSO, F.S.; MURATORI, M.C.S.; LOPES, J.B. Climatic adaptability of Saanen and Azul goats in Brazilian Middle-North. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1165-1172, 2009.

ROSENBERGER, G. **Exame clínico de bovinos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 420p.

RUFINO, L.M.A.; BARRETO, S.M.P.; DUARTE, E.R.; GERASEEV, L.C.; SANTOS, A.C.R.; JARUCHE, Y.G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.899-903, 2011.

SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.H.P.; CÉZAR, M.F.; PIMENTA FILHO, E.C.; ACOSTA, A.A.A.; SANTOS, J.R.S. Adaptability of exotic goat and naturalized to the climatic conditions of the tropic semi-arid brazilian northeast. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.142-149, 2005.

SCARPINO, F.B.O.; EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, D.A.V. VAN CLEEF, E.H.C.B. óleo de soja e óleo de soja residual em dietas para ovinos confinados: parâmetros sanguíneos. **Archivos de Zootecnia**, v.63 n.241, p.207-210, 2014.

SIDER, L.H.; ZAROS, L.G. A biologia avançada e o impacto da genômica na produção de caprinos e ovinos. **Documentos Embrapa Caprinos e Ovinos**, Sobral, CE. 2008.

SILVA, D.A.V.; HOMEM JÚNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B. Sexo e fontes de lipídeos sobre os parâmetros sanguíneos de ovinos confinados. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.36, n.2, p.153-158, 2014.

SILVA, D.A.V.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; EZEQUIEL, J.M.B.; D'ÁUREA, A.P.; FÁVARO, V.R. Glicerina bruta na dieta de bovinos de corte confinados: efeito sobre o hemograma. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n.3, p.202-209, 2012.

SILVA, R.A.B.; BATISTA, M.C.S.; NASCIMENTO, C.B.; ALVES, R.P.A.; ALVES, F.S.F.; PINHEIRO, R.R.; SOUSA, M.S.; DINIZ, B.L.M.; CARDOSO, J.F.S.; PAULA, N.R.O. Caracterização zoonosológica da ovinocultura e da caprinocultura na microrregião homogênea de Teresina, Piauí, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.4, p.593-598, 2011.

SILVA, G.L.S.; SILVA, A.M.A.; NÓBREGA, G.H.; AZEVEDO, S.A.; PEREIRA FILHO, J.M.; MENDES, R.S. Efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras em lactação sobre os parâmetros sanguíneos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 233-239, 2010.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; BRANCO, R.H.; LEÃO, M.I.; MAGALHÃES, A.C.M.; MATOS, R.S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.246-256, 2007b.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H.; RODRIGUES, C.A.F.; SARMENTO, J.L.R.; QUEIROZ, A.C.; SILVA, S.P. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.257-267, 2007a.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A.; CÉZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; BENÍCIO, T.M.A.; FREITAS, M.M.S. Evaluation of the adaptability of goats exotic and native of the semi-arid of Paraíba. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.516-521, 2006b.

SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; NETO, J.A.; AZEVEDO, S. A.; SILVA, E.M.N.; SILVA, R.M.N. Influência da dieta com diferentes níveis de lipídeo e proteína na resposta fisiológica e hematológica de reprodutores caprinos sob estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.154-161, 2006a.

SOUZA, E.J.O.; GUIM, A.; BATISTA, Â.M.V.; ALBUQUERQUE, D.B.; MONTEIRO, C.C.F.; ZUMBA, E.R.F.; TORRES, T.R. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1056-1067, 2010.

TERRÉ, M.; NUDDA, A.; CASADO, P. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 164, p. 262-267, 2011.

VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA, A.P.; FAVARO, V.R.; SANCANARI, J.B.D. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.86-91, 2014.

WEISS, W.P.; PINOS-RODRIGUEZ, J.M. Production responses of dairy cows when fed supplemental fat in low- and highforage diets. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.6144-6155, 2009.

ZAMBOM, M.A.; ALCALDE, C.R; HASHIMOTO, J.H.; MACEDO, F. A. F.; GABRIELLA DE OLIVEIRA PASSIANOTO; LUCIANO SOARES DE LIMA. Parâmetros digestivos, produção e qualidade do leite de cabras Saanen recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.3, p.309-316, 2007.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

**CAPITULO 2 – “PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICA
SÉRICA DE CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS COM DIETAS
CONTENDO RESÍDUO LIPÍDICO ORIUNDO DA PRODUÇÃO DE
BIODIESEL”**

Elaborado de acordo com as normas do periódico Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0102-0935&lng=pt&nrm=iso)

1 **Parâmetros hematológicos e bioquímica sérica de cabras lactantes alimentadas**
2 **com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.**

3
4 [hematology and biochemistry parameters of lactating goats fed diets containing lipid residue
5 derived from the production of biodiesel]
6

7 C.B. Santos¹, M. J. Araujo¹

8 ¹Universidade Federal do Piauí, Campus Proefssora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, PI
9 carlos.b.vet@gmail.com

10
11 **RESUMO**

12 Objetivou-se analisar os efeitos da inclusão de níveis de resíduo lipídico oriundo da
13 produção de biodiesel, a partir de óleos residuais de fritura, em dietas de cabras
14 lactantes sob os parâmetros hematológicos e bioquímicos. Foram utilizadas oito cabras,
15 com, aproximadamente, dois anos de idade e $42,06 \pm 3,5$ kg de peso corporal (PC),
16 recebendo dietas contendo 0, 7, 14 e 21% de RL (%MS). O delineamento utilizado foi o
17 quadrado latino 4×4 , sendo conduzido dois quadrados simultâneos. Contrastes
18 ortogonais foram testados para determinar efeitos linear e quadrático, bem como os
19 efeitos de 0% de RL na dieta em comparação com os demais tratamentos, sendo estes
20 significativos quando o $P \leq 0,05$. Os consumos (kg/dia) de matéria seca, proteína bruta e
21 matéria mineral, decresceram linearmente e o consumo de extrato etéreo comportou-se
22 de forma quadrática. Houve efeito linear decrescente nas concentrações do hematócrito,
23 hemoglobina e hemácias. O contraste 0% \times RL foi significativo apenas para a contagem
24 de hemácias. Houve efeito linear decrescente para as concentrações séricas de fósforo.
25 Conclui-se que o RL (30,6% de glicerol) provoca alterações nos parâmetros sanguíneos,
26 porém, sugere-se que o RL pode ser usado em até 7% da MS total da dieta sem
27 promover problemas metabólicos.

28 **Palavras-chave:** cálcio, fósforo, glicerol, hemograma, óleo de fritura

29
30 **ABSTRACT**

31 This study aimed to analyze the effects of inclusion of lipid residue (LR), derived from
32 the production of biodiesel, made from waste frying oils in diets of lactating goats on
33 hematological and biochemical profiles. Eight goats, about two years and 42.06 ± 3.5 kg
34 body weight (BW) receiving four diets containing 0, 7, 14 and 21% of LR (% DM). The
35 design was a Latin square 4×4 being conducted two simultaneous squares. Orthogonal
36 contrasts were tested to determine linear and quadratic effects and the effects of 0% LR
37 in the diet compared to the other treatments, which are significant when $P \leq 0.05$.
38 Consumptions (kg/day) of dry matter, crude protein and mineral matter, decreased
39 linearly) and the ether extract increased of quadratic way. There was linear decrease on
40 hematocrit concentrations, hemoglobin and red blood cells (RBC). The contrast 0% \times
41 LR was significant only for the RBC count. Decreased linearly for the serum
42 concentrations of phosphorus. The LR causes changes in blood parameters, thus it is
43 suggested the inclusion of up to 7% of total DM without promoting metabolic problems
44 in the animals.

45 **Keywords:** blood count, calcium, frying oil, glycerol, phosphorus

INTRODUÇÃO

Existe uma preocupação mundial com o meio ambiente em relação aos produtos de origem vegetal que são desenvolvidos para gerar energia. O problema é que muitos produtos usados para gerar energia são desperdiçados e muitas vezes são despejados em rios ou rede de esgoto, afetando negativamente o meio ambiente. Neste sentido, é necessário que se adote tecnologias que contribuam para o desenvolvimento socioeconômico local e mundial, visando diminuir os impactos negativos gerados no meio ambiente, além de fornecer subsídios que podem ser incluídos na alimentação animal, a fim de proporcionar maior aporte energético e menor custo de produção.

Tem-se buscado alimentos alternativos que possam contribuir para a viabilidade dos custos de produção e, principalmente, que contribuam para aumentar a eficiência alimentar sem afetar o desempenho produtivo e sem provocar danos à saúde animal. Os óleos de fritura são resíduos da indústria alimentícia que podem ser usados para produzir o biodiesel, gerando resíduos lipídicos, podendo estes, serem considerados fontes de glicerol, com potencial de uso na produção animal substituindo parcial ou totalmente o farelo de milho. Entretanto, o uso de resíduos lipídicos, como fontes de glicerol, adicionados na dieta animal, deve ser investigado, com intuito de esclarecer seus efeitos no metabolismo animal.

A inclusão do resíduo lipídico como fonte de glicerol na dieta de cabras lactantes, poderá promover alterações no hemograma e bioquímica sérica, uma vez que, situações adversas, como estresse em confinamento e desafios nutricionais impostos aos animais, promovem modificações no metabolismo animal para manter suas funções fisiológicas em completa homeostase. Se as modificações forem superiores à capacidade do organismo em se manter em equilíbrio, as doenças da produção podem ser evidenciadas, causando prejuízos à saúde animal e prejuízos econômicos aos produtores (Silva *et al.*, 2014). Exames laboratoriais de sangue, como hemograma e bioquímica sérica são necessários para avaliar tal efeito no metabolismo. Nesse sentido, os indicadores sanguíneos permitem analiticamente o reconhecimento de respostas metabólicas possibilitando a otimização de pesquisas em nutrição animal (Caldeira *et al.*, 2007).

Mediante exposto, esse trabalho foi realizado com o objetivo de analisar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de resíduo lipídico oriundo da produção de

1 biodiesel, a partir de óleos residuais de fritura, em substituição ao milho, em dietas para
2 cabras lactantes sob os parâmetros hematológicos e bioquímicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

4 O experimento foi conduzido no Módulo Didático-Produtivo de
5 Caprinovinocultura do Colégio Técnico de Bom Jesus, pertencente à Universidade
6 Federal do Piauí, *Campus* Professora Cinobelina Elvas, situado no Município de Bom
7 Jesus - PI. O Município de Bom Jesus está localizado a 09°04'28" de latitude sul e
8 44°21'31" de longitude oeste, apresentando um clima quente e semiárido e de
9 temperaturas médias de 18°C para a mínima e de 36°C para máxima.

10 O presente trabalho foi realizado após aprovação pelo Comitê de Ética em
11 Experimentação Animal da Universidade Federal do Piauí (CEEAA/UFPI), sob o número
12 de protocolo 016/14.

13 Foram utilizadas oito cabras da raça Anglonubiana, multíparas, com peso corporal
14 (PC) médio de 42,06±3,5 kg, com idade média de dois anos, estando aos 51±4 dias de
15 lactação e clinicamente saudáveis. Os animais foram previamente vermifugados
16 utilizando-se como princípio ativo o Disofenol 20% (Ibasa[®], São Paulo, Brasil),
17 mantidos em regime de confinamento em um galpão coberto com telhas de barro, baias
18 individuais (2 m²) feitas de telas de aço, piso cimentado, providas de comedouro e
19 bebedouro individual.

20 O período experimental ocorreu entre os meses de outubro e dezembro de 2014,
21 compreendendo 80 dias de duração, composto de quatro períodos de 20 dias, sendo 15
22 dias destinados para adaptação ao manejo e dietas e cinco dias para a coleta de dados.

23 O resíduo lipídico (RL; Tab. 1) utilizado no experimento foi oriundo da produção
24 de biodiesel a partir de óleos vegetais de frituras. Este produto foi cedido pela Agência
25 de Tratamento de Águas e Esgotos do Estado do Piauí S/A (AGESPISA). O RL foi
26 incorporado manualmente e homogeneizado ao concentrado de acordo com os níveis de
27 utilização. Os tratamentos consistiram em rações completas com níveis crescentes de
28 inclusão do RL, nas proporções de 0, 7, 14 e 21% na MS (Tab. 2). O volumoso utilizado
29 foi silagem de milho na proporção de 50%.

30

31

1 **Tabela 1.** Composição química do resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel

Item	
Umidade (g/kg)	427,6
Matéria Seca (g/kg)	572,4
Matéria Orgânica (g/kg de MS)	992,5
Matéria Mineral (g/kg de MS)	7,5
Proteína Bruta (g/kg de MS)	9,1
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	264,3
Glicerol (g/kg de MS)	306,2
Sódio (g/kg de MS)	1,60
Metanol (g/kg de MS)	0,63
Energia Bruta (kcal/kg MS)	3.787
Ácidos graxos	
Saturados (g/kg de MS)	74,1
Poli-insaturados (g/kg de MS)	129,5
Monoinsaturados (g/kg de MS)	90,7

2 MS = matéria seca

3 **Tabela 2.** Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Item (g/kg de MS)	Inclusão do resíduo lipídico (% MS)			
	0	7	14	21
Silagem de milho	500,00	500,00	500,00	500,00
Farelo de milho	365,00	295,00	210,20	130,00
Farelo de soja	105,00	102,20	116,80	126,0
Ureia	0,00	2,80	3,00	4,00
Suplemento mineral ¹	20,00	20,00	20,00	20,00
Calcário calcítico	10,00	10,00	10,00	10,00
Resíduo lipídico (fonte de glicerol)	0,00	70,00	140,00	210,00
Composição química (g/kg de MS)				
Matéria seca (como fornecido)	507,44	496,94	486,84	477,15
Proteína bruta	133,40	133,59	133,46	133,40
Fibra em detergente neutro	382,05	364,43	345,86	327,58
Fibra em detergente ácido	187,35	182,97	179,40	175,58
Extrato etéreo	37,44	52,23	66,73	81,31
Matéria mineral	56,54	55,95	56,14	56,08
Carboidratos totais	772,62	758,23	743,68	729,20
Carboidratos não Fibrosos	390,58	393,80	397,82	401,62

4 ¹ Composição (por kg do produto): Vitamina A 135.000,00 U.I. / Vitamina D3 68.000,00 U.I. /
5 Vitamina E 450,00 U.I. / Cálcio 240,00 g/ Fósforo 71,00 g / Potássio 28,20 g / Enxofre 20,00 g /
6 Magnésio 20,00 g / Cobre 400,00 mg / Cobalto 30,00 mg / Cromo 10,00 mg / Ferro 250,00 mg / Iodo
7 40,00 mg/ Manganês 1.350,00 mg / Selênio 15,00 mg / Zinco 1.700,00 mg / Flúor (máx.) 710,00 mg

8

9 As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2007) de
10 forma a atender as exigências nutricionais de cabras em lactação com produção de 1,5
11 kg/dia e 4% de gordura. Os animais receberam duas refeições diárias, logo após as
12 ordenhas, às 8:00 e às 16:00 horas. A variação de peso dos animais foi avaliada por
13 meio de pesagens efetuadas no início e final de cada período experimental.

1 O resíduo lipídico foi analisado para matéria seca (MS) (AOAC, 1990; método
2 nº 930.15), determinada em estufa a 105°C, proteína bruta (PB) pelo método Dumas
3 (AOAC, 2007; método: nº. 992,15), extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990; método 920.39,
4 C), glicerol (USP28 NF23) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Parr
5 Instrument Co., Moline, IL), pelo laboratório CBO análises laboratoriais, em Campinas,
6 São Paulo. As concentrações de metanol (USP, 2015; método nº. 467) e sódio (Na)
7 (FDA, 2010; método nº. 01592) foram determinadas pelo Centro de Qualidade
8 Analítica, Campinas, São Paulo.

9 Os alimentos, as rações e as sobras foram analisados no laboratório de Nutrição
10 Animal do CPCE – UFPI. Os teores de MS (método nº 930.15), PB (método nº 984.13)
11 e EE (método nº. 920.39) de acordo AOAC (1990). Para as determinações de fibra em
12 detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas segundo
13 Van Soest *et al.* (1991).

14 Para a estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi utilizada a equação proposta
15 por Sniffen *et al.* (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados
16 utilizando as equações preconizada por Hall *et al.* (2000).

$$17 \text{ CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

$$18 \text{ CNF} = 100 - \% \text{MM} - \% \text{EE} - \% \text{FDN} - (\text{PB} - \text{PBu} + \text{U})$$

19 Em que: U = % de ureia; PBu = PB oriunda da ureia.

20 O consumo de MS, PB, EE e matéria mineral (MM) foram obtidos através do
21 registro do alimento oferecido e das sobras, realizado durante o período de coleta. Dessa
22 forma, o consumo dos nutrientes foi determinado por meio da diferença entre o total do
23 nutriente contido nos alimentos ofertados e o total do nutriente contido nas sobras. Estas
24 foram pesadas sempre pela manhã em sua totalidade e 30% foram amostrados, em
25 seguida acondicionadas em sacos de plásticos com as devidas identificações dos
26 animais, tratamentos e período de colheita e, posteriormente, congeladas a -20°C.

27 Ao final de cada período as amostras foram descongeladas, homogeneizadas
28 sendo retirada uma amostra composta para cada animal de aproximadamente 250
29 gramas, pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em
30 um moinho tipo Willey com peneiras de malha de um milímetro.

31 As amostras de sangue foram coletadas no 1º, 3º e 5º dias de coleta, após a
32 adaptação, sempre antes dos animais receberem a alimentação da manhã. A coleta foi

1 realizada por punção da veia jugular para realização de hemograma e perfil
2 bioquímico-sérico, com sangue suficiente para encher um tubo a vácuo (*Vacuntainer*)
3 de 9 mL para hemograma e 9 mL para o perfil bioquímico, sendo estes identificados,
4 por cada animal, tratamento e período experimental.

5 Os tubos utilizados para a análise do hemograma continham ácido
6 etilenodiaminotetraacético (EDTA) tripotássico 0,05 ml (5%) como anticoagulante,
7 sendo que, os usados para as análises bioquímicas foram sem anticoagulante, exceto os
8 usados para análise da glicose plasmática, que continham fluoreto de sódio. Estes foram
9 centrifugados a 4000 rpm por 15 minutos, para separação do soro, sendo acondicionado
10 em tubos tipo *ependorf* para posteriores análises bioquímicas. As amostras foram
11 acondicionadas em caixa térmica contendo gelo, em seguida foram enviadas ao
12 laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário Universitário do CPCE - UFPI,
13 onde, em um prazo de 24 horas foram concluídas as análises do perfil hematológico.

14 Para a determinação do volume globular (VG), utilizou-se a técnica do
15 microhematócrito. Capilares de vidro foram preenchidos com 75% de sangue total,
16 devidamente vedados e centrifugados a 15.000 rpm, durante 5 minutos (Birgel, 1982).
17 Após a centrifugação dos capilares, a coluna formada pelas hemácias foi interpretada.

18 A determinação da concentração de hemoglobina (Hgb) sanguínea foi realizada
19 pelo método do cianometahemoglobina, por meio da diluição da amostra de sangue
20 total, na proporção de 1:250 em líquido de Drabkin e a leitura da reação colorimétrica
21 foi realizada em espectrofotômetro, sendo o valor da hemoglobina determinado em g/dL
22 (Birgel, 1982).

23 Para a determinação do número total de hemácias (He), as amostras de sangue
24 foram diluídas, na proporção 1:200, em pipeta hematimétrica com líquido de Gower e a
25 contagem foi realizada em câmara hematimétrica de Neubauer modificada segundo
26 Birgel. (1982), sendo o fator apresentado em número de hemácias/mL de sangue.

27 Os índices hematimétricos, volume corpuscular médio (VCM) e concentração
28 hemoglobínica corpuscular média (CHCM), foram calculados a partir dos resultados
29 obtidos para o VG, Hgb e He, utilizando-se equações matemáticas (Birgel, 1982).

30 A contagem do número total de leucócitos foi realizada em Câmara de
31 Neubauer, sendo as amostras de sangue diluídas, na proporção de 1:20, utilizando-se
32 como solução diluidora o líquido de Turk, de acordo com as recomendações de Viana *et*

1 *al.* (2002). Com o sangue “*in natura*”, foram confeccionados dois esfregaços
2 sanguíneos destinados à contagem diferencial de leucócitos. E, após secagem ao ar
3 foram corados com corante (Panótico Rápido – LABORCLIN[®] LTDA, Pinhais, Paraná,
4 Brasil), segundo técnica padronizada para os animais por Viana et al. (2002). A
5 contagem diferencial foi realizada no aumento de 1000× sendo contados 100 leucócitos,
6 que foram classificados em microscópio óptico, de acordo com suas características
7 morfológicas e tintoriais, em neutrófilos segmentados, eosinófilos, linfócitos e
8 monócitos.

9 O perfil bioquímico foi realizado com o uso de kits comerciais, de modo a
10 determinar a concentração plasmática de glicose, que se baseia no método colorimétrico
11 enzimático da LABTEST (Labtest Diagnóstica S.A[®]). Colesterol total e triglicerídeos,
12 ureia, pelo método colorimétrico. Para determinação da creatinina foi empregada a
13 técnica cinética enzimática, enquanto que proteínas totais e albumina foram
14 determinadas pelos métodos do biureto e verde bromocresol, respectivamente. As
15 globulinas foram obtidas a partir da diferença entre proteínas totais e albumina. As
16 atividades das enzimas Aspartato Aminotransferase (AST) e Fosfatase Alcalina (FA)
17 foram analisadas pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kits comerciais da
18 LABTEST (Labtest Diagnóstica S.A[®]), bem como, as análises de Cálcio (Ca), Fósforo
19 (P) e Magnésio (Mg) foram realizadas da mesma forma, empregando-se kits comerciais
20 da LABTEST (Labtest Diagnóstica S.A[®]). As análises foram realizadas seguindo os
21 protocolos dos *kits* enzimáticos comerciais e as leituras tomadas em analisador
22 bioquímico semiautomático (SPECTRON CELER[®]).

23 O delineamento experimental utilizado foi o de quadrado latino duplo (4×4),
24 sendo quatro animais, quatro períodos e quatro níveis de inclusão do RL (fonte de
25 glicerol). Foram utilizados dois quadrados simultâneos. Todos os dados foram
26 analisados usando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.0) (SAS Inst. Inc., Cary,
27 NC), incluindo no modelo o nível de RL, período e a interação nível de RL × período
28 como efeitos fixos. O animal aninhado dentro do tratamento foi considerado como
29 efeito aleatório. Os efeitos de tratamento sobre as variáveis analisadas foram avaliados
30 usando contrastes ortogonais para determinar os efeitos linear e quadrático, bem como
31 os efeitos de 0% de RL na dieta comparado com as médias de todas as dietas contendo
32 RL. Os contrastes foram significativos quando *P*-value foi ≤0,05. Considerou-se

1 tendência quando foi $P \leq 0,10$. Os resíduos foram plotados contra os valores preditos e
 2 foram usados para verificar os pressupostos do modelo de homoscedasticidade,
 3 independência e normalidade dos erros. Um dado foi considerado um outlier e removido
 4 do banco de dados quando o resíduo estudentizado esteve fora do intervalo de $\pm 2,5$.

5 O modelo estatístico adotado foi:

$$6 \quad Y_{ijk} = \mu + T_j + P_k + (TP)_{jk} + A_i(T_j) + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

7
 8 Y_{ijk} = valor observado para cada característica analisada;

9 μ = média geral;

10 T_j = efeito fixo de tratamento (%RL);

11 P_k = efeito fixo de período de coleta;

12 $(TP)_{jk}$ = efeito fixo da interação dos níveis de RL e o período;

13 A_i = efeito aleatório de animal aninhado em nível de tratamento (RL);

14 e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

15

16 RESULTADOS E DISCUSSÃO

17 A inclusão do RL na dieta afetou negativamente os consumos de MS (CMS;
 18 $P=0,001$), de PB (CPB; $P=0,0001$) e de matéria mineral (CMM; $P=0,002$), os quais
 19 diminuiram linearmente com o aumento do nível de inclusão (Tab. 3). Esse decréscimo
 20 aconteceu, principalmente, quando se incluiu o RL acima de 14% (7% vs 14 e 21% de
 21 RL).

22 Tabela 3. Consumo de nutrientes em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo
 23 resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (% MS)				EPM	P-valor			
	0	7	14	21		L	Q	0% vs RL ¹	7% vs 14 e 21% ²
CMS (kg/dia)	1,75	1,85	1,30	1,02	0,09	0,001	0,19	0,003	0,0005
CPB (kg/dia)	0,24	0,25	0,17	0,13	0,01	0,0001	0,17	0,03	0,0006
CEE (kg/dia)	0,07	0,09	0,08	0,03	0,005	0,006	0,0002	0,50	0,006
CMM (kg/dia)	0,08	0,09	0,07	0,05	0,004	0,002	0,254	0,047	0,002

24 CMS = Consumo de matéria seca; CPB = consumo proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo;
 25 CMM = consumo de matéria mineral. EPM = erro padrão da média. ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo
 26 lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de inclusão de RL versus as dietas
 27 contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

28

1 O consumo de extrato etéreo (CEE) foi influenciado de maneira quadrática
 2 (P=0,0002; Tab. 3), sendo observado o máximo consumo de 0,09 kg/dia ao nível de 7%
 3 de inclusão do RL.

4 A inclusão do RL na dieta aumentou linearmente as concentrações de
 5 hematócrito (P=0,002), hemoglobina (P=0,025) e hemácias (P=0,000; Tab. 4). Por outro
 6 lado, o volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular
 7 média (CHCM) não foram influenciados pelos tratamentos. O número de hemácias, teor
 8 de hemoglobina e o valor do hematócrito são primordiais para determinação dos índices
 9 hematimétricos absolutos VCM e CHCM, além de serem utilizados para a classificação
 10 das anemias nos animais (Roberto *et al.*, 2010). O VCM e CHCM são responsáveis por
 11 fornecer informações sobre o tamanho médio das hemácias e concentração média de
 12 hemoglobina nos eritrócitos (Polizopoulou, 2010). Evidenciando, portanto, que a
 13 inclusão de RL não influenciou no tamanho e concentração de hemoglobina.

14
 15 Tabela 4. Parâmetros hematológicos em cabras lactantes alimentadas com dietas
 16 contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (%MS)				EPM	P-valor			
	0	7	14	21		L	Q	0% × RL	7% vs 14 e 21% ²
<i>Eritrograma</i>									
Hto (%)	28	27	30	32	0,48	0,002	0,071	0,47	0,05
Hgb (g/dL)	9,88	9,76	10,30	10,59	0,13	0,025	0,271	0,40	0,12
He (×10 ⁶ /μL)	14,82	15,07	15,85	16,82	0,20	0,000	0,273	0,03	0,02
VCM (fL)	18,14	17,35	18,70	17,59	0,26	0,837	0,927	0,74	0,26
CHCM (%)	34,71	35,14	34,56	35,17	0,21	0,813	0,795	0,62	0,60
<i>Leucograma</i>									
Leuc (×10 ³ /μL)	13207	12261	13170	12298	281,97	0,633	0,789	0,50	0,54
Neu (/mm ³)	8866	8230	8292	7979	240,49	0,311	0,603	0,38	0,10
Eos (/mm ³)	153	192	189	202	13,27	0,298	0,643	0,18	0,92
Mon (/mm ³)	452	344	396	375	28,74	0,347	0,322	0,30	0,66
Lin (/mm ³)	3736	3495	4293	3742	181,24	0,624	0,678	0,83	0,33

17 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de
 18 inclusão de RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; EPM
 19 = erro padrão da média; Hto= hematócrito; Hgb = Hemoglobina; He = Hemácias; VCM = volume
 20 corpuscular médio; CHCM = concentração de hemoglobina corpuscular média; Leuc = Leucócitos; Neut
 21 = neutrófilos; Eosin = eosinófilos; Mon = Monócitos; Lin = Linfócitos.

22

1 O aumento evidenciado para as concentrações de hemácias pode estar
2 relacionado ao metabolismo hepático, sugerindo que a inclusão do RL, conseguiu
3 disponibilizar mais substâncias para produção de hemácias por este órgão. Como o
4 fígado atua no metabolismo lipídico, pode-se inferir que a inclusão de RL associado ao
5 concentrado promoveu alterações hematológicas, principalmente em órgãos
6 hematopoiéticos como fígado, provocando alterações na contagem de hemácias (Silva *et*
7 *al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014).

8 Os valores médios encontrados para hematócrito, hemoglobina, contagem de
9 hemácias, VCM, e CHCM, encontram-se dentro dos limites fisiológicos para a espécie
10 caprina, citados por Feldman *et al.* (2000), cujo valores eritrocitários normais
11 estabelecidos são 22 a 38%, 8 a 12 g/dL, 8,0 a 18,0 $\times 10^6$ / μ L, 16 a 25 fL e 30 a 36%,
12 respectivamente.

13 Os valores encontrados para hemácias e hemoglobina no presente estudo,
14 corroboram com os valores observados por Silva *et al.* (2014) ao avaliarem o sexo e
15 fontes de lipídios sob os parâmetros sanguíneos de ovinos confinados. Estes autores
16 observaram efeito significativo da inclusão das diferentes fontes lipídicas sobre a
17 contagem de hemácias e sob a concentração de hemoglobina, entretanto, tais valores
18 também se mantiveram dentro da normalidade. Estudando o perfil hematológico de
19 cabras leiteiras clinicamente sadias, no cariri paraibano, Bezerra *et al.* (2008),
20 encontraram valores médios de hemácias de $14,48 \times 10^6$ mm³, hemoglobina de 9,0
21 g/dL e hematócrito de 27,0%, sendo estas médias próximas às encontradas neste
22 estudo, portanto, dentro dos valores normais.

23 Os valores médios de hemoglobina variaram entre 9,76 a 10,59 g/dL,
24 caracterizando-se um valor baixo, quando comparado com os relatados na literatura
25 (Bezerra *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2012b; Souza *et al.*, 2015). Todavia, estes valores
26 estão dentro dos limites normais para a espécie. Dessa forma, acredita-se que a inclusão
27 de RL não desencadeou alterações no aporte de oxigenação dos pulmões para os
28 diferentes tecidos, que por sua vez, é mediada pela hemoglobina, responsável por
29 transportar o oxigênio (Silva *et al.*, 2006; Polizopoulou, 2010).

30 Em estudo realizado com bovinos, alimentados com glicerina bruta (fonte de
31 glicero), Silva *et al.* (2012) encontraram decréscimo na concentração de hemoglobina,
32 no entanto, as hemácias e hematócrito não foram influenciados. Ainda, segundo estes

1 autores, o aumento na concentração de glicerina bruta pode causar efeitos
2 hematológicos que predisõem à anemia, porém considerando apenas a hemoglobina,
3 não é possível a identificação de alterações significativas no metabolismo animal. Esses
4 dados diferem dos encontrados neste estudo, pois o RL inserido nas dietas dos animais é
5 fonte de glicerol, entretanto, não promoveu quadro de anemia aos animais, pois os
6 valores de hematócrito e hemoglobina permaneceram dentro da normalidade. Estes
7 parâmetros são úteis na avaliação do quadro de anemia, que é caracterizada pela
8 redução dos mesmos (Silva *et al.*, 2012). Deve-se salientar que, na maioria das vezes, o
9 percentual de glicerol presente na glicerina bruta utilizada nas pesquisas é bem acima do
10 encontrado no RL utilizado neste estudo (306,2 g/kg MS; Tab. 1).

11 Não houve efeito dos tratamentos ($P>0,05$) sobre as concentrações sanguíneas da
12 série branca (Tab. 4). Do mesmo modo, Silva *et al.* (2013) ao estudarem a inclusão de
13 10% de glicerina na MS (83% de glicerol e 0,01% de metanol) na dieta de bovinos, não
14 verificaram alteração dos parâmetros do leucograma. Nesta pesquisa, em valores
15 absolutos, maiores médias encontradas para os leucócitos foram observadas nos
16 tratamentos com 0% e 14% de RL, com 13300 e 13205 $\times 10^3/\mu\text{L}$, respectivamente,
17 estando ligeiramente acima do padrão sugerido na literatura (4000 a 13000/ mm^3)
18 (Feldman *et al.*, 2000), caracterizando leucocitose para os animais que consumiram
19 esses dois tratamentos. Os animais do presente estudo apresentaram-se durante todo
20 experimento clinicamente saudáveis, sem sinais de doença. Com isso, deduz-se que a
21 inclusão de RL não seja responsável por tal aumento, pois os valores encontrados nos
22 níveis de 7 e 21% apresentaram-se dentro do normal.

23 Os neutrófilos apresentaram-se com valores acima dos valores sugeridos como
24 normais pela literatura (1200 a 7200/ mm^3), caracterizando quadro de neutrofilia.
25 Entretanto, esse resultado não indica que as dietas com inclusão de RL influenciaram tal
26 aumento, uma vez que, a dieta controle também apresentou valores elevados. Segundo
27 Garcia-Navarro (2005) a neutrofilia pode ser fisiológica, ou seja, não possuir relação
28 com a doença, sendo, portanto, provocada por uma liberação súbita dos neutrófilos no
29 *pool* marginal, pois essa situação é evidenciada durante a gestação após exercícios
30 prolongados, vômitos ou convulsões, no estresse e durante a taquicardia. Além disso, a
31 lactação por si só, já é um processo fisiológico estressante para o animal.

1 Apesar de não ter sido evidenciado efeito dos tratamentos ($P>0,05$) para os
2 valores médios de eosinófilos, monócitos e linfócitos (Tab. 3), estes se portaram dentro
3 dos valores normais de referência para a espécie, que segundo Feldman *et al.* (2000) de
4 50 a 650/mm³ para eosinófilos, 0 a 550/mm³ para monócitos e 2000 a 9000/mm³ para
5 linfócitos. Observou-se, portanto, que houve oscilações referentes às médias
6 encontradas para tais parâmetros, no entanto, os níveis de inclusão de fonte lipídica não
7 causaram efeitos negativos para os mesmos.

8 Aumento na concentração de eosinófilos, ou seja, eosinofilia está ligado ao
9 mecanismo de defesa contra parasitas, pois estes possuem proteínas que se ligam as
10 membranas dos parasitas atuando contra os estágios larvais dos parasitas (Pugh, 2005).
11 Quanto à diminuição, ou seja, eosinopenia, essa é raramente identificada, pois os
12 intervalos de confiança para o número de eosinófilos em condições fisiológicas é igual à
13 zero (Jones e Alisson, 2007).

14 Assim como os neutrófilos, os monócitos também participam da resposta
15 inflamatória, sendo considerados como células intermediárias de um processo de
16 maturação contínua, migram para os tecidos e continuam a se desenvolver atingindo a
17 forma de macrófago, além disso, são responsáveis pela destruição normal das hemácias,
18 com reciclagem metabólica do ferro e pela maioria dos casos de hemólise patológica.

19 Quanto aos linfócitos, estes representam um conjunto variado de subpopulações
20 linfocitárias, que incluem os linfócitos B, que são responsáveis pela imunidade humoral
21 e linfócito T, responsável pela imunidade celular e pela resposta às citocinas (Pugh,
22 2005). Portanto, a inclusão de resíduo lipídico não gerou alterações no quadro
23 leucocitário.

24 As concentrações séricas de cálcio total (Ca) tenderam ao efeito quadrático
25 ($P=0,058$), à medida que se aumentou a inclusão do RL na dieta (Tab. 5; Fig. 1),
26 enquanto que, as concentrações séricas de fósforo decresceram linearmente ($P=0,037$;
27 Tab. 5; Fig. 2). Quanto às concentrações séricas de Magnésio (Mg), estas não foram
28 influenciadas ($P>0,05$) pelos tratamentos (Tab. 5).

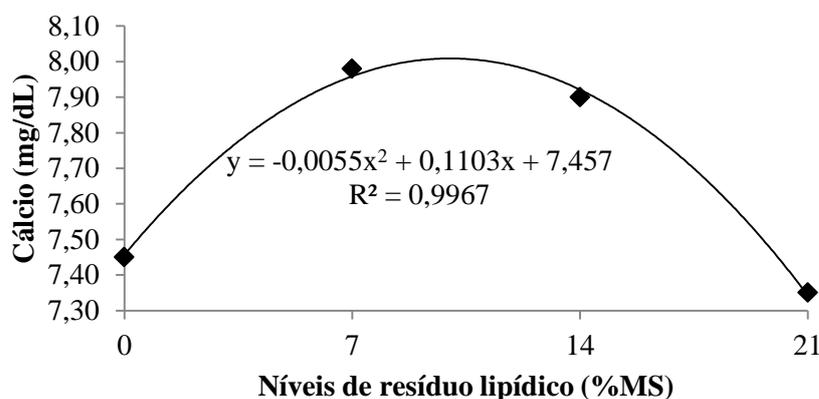
29 Ao derivar equação de regressão para Ca, verificou-se que foi ao nível de 10%
30 de RL que foi verificado maior valor sérico para este mineral (8,0 mg/dL; Fig. 1). Nota-
31 se que, para todos os tratamentos, os valores apresentaram-se abaixo dos valores
32 normais para caprinos (8,9 a 11,7 mg/dL) preconizados por Kaneko *et al.* (2008).

1 Tabela 5. Concentrações séricas de Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) em
 2 cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da
 3 produção do biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (%MS)				EPM	P-valor			
	0	7	14	21		L	Q	0% × RL ¹	7% vs 14 e 21 ²
Ca (mg/dL)	7,45	7,98	7,90	7,35	0,15	0,738	0,058	0,48	0,39
P (mg/dL)	7,98	8,06	6,78	6,60	0,27	0,037	0,904	0,27	0,11
Mg (mg/dL)	3,41	3,57	3,51	3,48	0,05	0,727	0,319	0,33	0,57

4 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de
 5 inclusão de RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático. EPM
 6 = erro padrão da média,

7 Essa tendência pode ser justificada pelo menor CMS, conseqüentemente, menor
 8 CMM verificado neste estudo (Tab. 3). Na prática, percebeu-se que os animais
 9 rejeitaram o concentrado com maior participação do RL (14 e 21%), selecionavam com
 10 mais frequência o volumoso da dieta (silagem de milho), o que pode ter alterando a
 11 disponibilidade de cálcio no organismo animal. Segundo Berchielli *et al.* (2011) as
 12 plantas forrageiras por si, não são capazes de atender as exigências em minerais dos
 13 animais, além disso, segundo os mesmos autores, dietas deficientes reduzem a
 14 concentração sanguínea de Ca, estimulando a secreção do Paratormônio (PTH), que por
 15 sua vez, estimula a reabsorção óssea por ativação dos osteoclastos.



17
 18 Figura 1. Teores de Cálcio sérico (mg/dL) em cabras lactantes alimentadas com dietas
 19 contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.

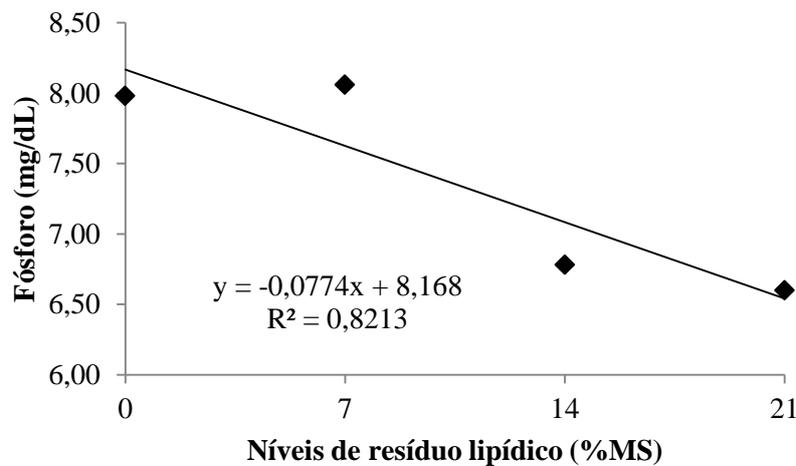
20
 21 No presente estudo, os valores séricos de Ca abaixo do normal podem estar
 22 relacionados com a deposição do cálcio no leite durante a lactação. Estima-se que
 23 durante o período de uma lactação, aproximadamente 18% do mineral esquelético é
 24 perdido, portanto, a taxa de deposição deve ser rápida suficiente para cobrir a demanda

1 e evitar a hipocalcemia (Gonzalez *et al.*, 2000). Com o aumento da sua demanda,
2 imposto pela lactação ocorre drenagem do cálcio para as glândulas mamárias e, com
3 isso, a redução da concentração sérica deste elemento (Degaris e Lean, 2009). No
4 entanto, não se pode inferir que houve uma hipocalcemia, pois de acordo com Goff
5 (2006), a hipocalcemia é caracterizada por uma diminuição abrupta das concentrações
6 sanguíneas de cálcio para valores que não suportem adequadamente as funções
7 fisiológicas dos animais.

8 Contudo, os resultados observados no presente estudo, estão de acordo com os
9 achados por Mundim *et al.* (2007) ao trabalharem com cabras em lactação, em que
10 verificaram valores máximo e mínimo de cálcio sérico de 10,30 e 6,40 mg/dL,
11 respectivamente.

12 As concentrações séricas de fósforo diminuíram à medida que aumentou o nível
13 de inclusão do RL na dieta (Tab. 5; Fig. 2). Entretanto, apresentaram valores médios
14 dentro dos padrões normais (4,2 a 9,1 mg/dL) citados por Kaneko *et al.* (2008).

15



16

17 Figura 2. Concentrações séricas de Fósforo (mg/dL) em cabras lactantes alimentadas
18 com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção do biodiesel.

19 Observou-se que, à medida que aumentou a oferta energética advinda do RL na
20 dieta (Tab. 2), as concentrações séricas de fósforo diminuíram. Tal fato pode estar
21 relacionado com a participação deste mineral no metabolismo energético, visto que
22 quanto maior o consumo de substratos energéticos, maior é a quantidade de fósforo
23 gasto no espaço intracelular, reduzindo sua concentração no plasma (Ribeiro *et al.*,
24 2003). Os mesmos fatores que promovem a assimilação de cálcio atuam no controle da

1 manutenção do fósforo, ou seja, também é regulada pelo paratormônio, calcitonina e
2 vitamina D (González *et al.*, 2000).

3 Ao relacionar os dados de CMS e CMM com as concentrações de fósforo, nota-
4 se que estas reduziram linearmente ($P < 0,05$) a partir do momento em que o RL foi
5 incluído na dieta, e, esta redução no CMS e CMM pode ter contribuído para a redução
6 das concentrações de fósforo. Os valores encontrados no presente estudo são compatíveis
7 com os encontrados por Mundim *et al.* (2007), que ao avaliarem o perfil bioquímico
8 sanguíneo de cabras da raça Saanen, encontraram valores mínimos e máximos para
9 fósforo de 3,30 e 12,50 mg/dL, respectivamente.

10 Mesmo com a diminuição do CMS e CMM, as concentrações séricas de
11 magnésio não foram influenciadas ($P > 0,05$) pela inclusão de RL na dieta, observou-se
12 valores dentro da normalidade (2,8 a 3,6 mg/dL) citados por Kaneko (2008). Segundo
13 González *et al.* (2000) não existe controle homeostático do magnésio, portanto sua
14 concentração sanguínea reflete diretamente o nível da dieta.

15 Situações de hipomagnesemia promovem consequências sérias para os
16 ruminantes, podendo levar a óbito. Tal situação ocorre quando existe baixa ingestão de
17 magnésio na dieta ou em casos de excessiva lipólise em decorrência de uma deficiência
18 de energia, pode ocasionar anormalidades digestivas e diminuição da produção de leite.
19 Do mesmo modo, Silva *et al.* (2010) observaram que não houveram diferenças
20 significativas para as concentrações séricas de magnésio, em cabras lactantes
21 alimentadas com fontes lipídicas na dieta.

22 A inclusão de RL na dieta não influenciou as concentrações de glicose
23 plasmática, colesterol e triglicerídeos (Tab. 6). Porém, em valores absolutos, a
24 concentração plasmática de glicose, nos tratamentos 0 e 14% de RL, os animais
25 apresentaram valores médios de 48,21 e 49,89 mg de glicose/dL, respectivamente (Tab.
26 6), encontra-se ligeiramente abaixo dos valores de referência (50 a 75 mg/dL) citados
27 por Kaneko *et al.* (2008). Entretanto, os níveis com 7 e 21% de RL apresentaram
28 valores normais (50,89 e 52,34 mg/dL), respectivamente.

29
30
31

1 Tabela 6. Concentrações séricas de glicose, colesterol e triglicerídeos em cabras
 2 lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da
 3 produção do biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (%MS)				EPM	P-valor			
	0	7	14	21		L	Q	0% × RL	7% vs 14 e 21 ²
Glicose (mg/dL)	48,21	50,89	49,89	52,34	1,23	0,501	0,998	0,53	0,93
Colesterol (mg/dL)	129,99	125,03	127,79	126,90	1,53	0,998	0,657	0,51	0,60
TAG (mg/dL)	21,73	22,15	20,82	24,46	1,00	0,275	0,361	0,76	0,80

4 ¹Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ²Efeito de 7% de
 5 inclusão de RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático. EPM
 6 = erro padrão da média; TAG = triglicerídeos.

7
 8 Mediante esses resultados, pode-se afirmar que os animais dos tratamentos com
 9 0 e 14% de inclusão apresentaram leve hipoglicemia, caracterizada pela redução
 10 plasmática de glicose, estando pouco abaixo do normal, porém, dentro dos valores
 11 médios achados de Mundim *et al.* (2007) de 37 a 69 mg/dL.

12 Segundo González *et al.* (2000) a glicose plasmática não é um bom indicador do
 13 estado nutricional energético decorrente da insensibilidade da glicemia à mudanças
 14 nutricionais e a sua sensibilidade ao stress. A regulação desse elemento ocorre através
 15 de mecanismos homeostáticos que são bastante eficientes no organismo, os quais
 16 envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon (González e
 17 Scheffer, 2003). Dessa forma, a inclusão do RL, fonte de glicerol, não interferiu no
 18 fornecimento da taxa de glicose ao organismo, pela degradação do alimento através do
 19 processo digestivo. Ou seja, quando o organismo recebe quantidades abundantes de
 20 glicídios alimentares, ele estoca provisória e parcialmente a glicose, na forma de
 21 glicogênio, do qual é devolvida progressivamente à circulação (Andrigueto, 1990).

22 Os valores normais para colesterol total são de 80 a 130 mg/dL (Kaneko *et al.*,
 23 2008). Apesar das concentrações de colesterol estar dentro do padrão recomendado,
 24 nota-se que, em todos os tratamentos, estiveram sempre próximos ao limite. Segundo
 25 Villa *et al.* (2009) as concentrações séricas de colesterol total são consideradas
 26 indicadores adequados do total de lipídeos no plasma, pois correspondem a,
 27 aproximadamente, 30% do total e tem uma relação direta com a alimentação do animal.

28 Na literatura não existem valores de referência para triglicerídeos na espécie
 29 caprina. No entanto, quando comparado com outros ruminantes, como ovinos estes se

1 apresentaram dentro do considerado normal, que de acordo com Kaneko *et al.* (2008) é
 2 de 6 a 32 mg/dL para ovinos. Os triglicerídeos servem, principalmente, como fonte de
 3 energia metabólica celular, acumulando-se no tecido adiposo, seu principal local de
 4 metabolismo endógeno nos ruminantes, de onde são mobilizados em resposta às
 5 demandas de energia do corpo (Gressler *et al.*, 2015). Portanto, apesar do CMS ter
 6 reduzido linearmente e o CEE ter se comportado de forma quadrática, estes resultados
 7 não foram suficientes para provocar alterações no metabolismo energético dos animais.

8 As concentrações séricas de albumina e globulinas, ureia e creatinina não foram
 9 influenciadas pelos tratamentos ($P>0,05$; Tab. 7). No entanto, houve uma tendência
 10 quadrática para as concentrações séricas de PT, além disso, apresentaram valores
 11 ligeiramente acima do normal para a espécie caprina em todos os tratamentos, de acordo
 12 com Kaneko *et al.* (2008), o qual cita valores que variam de 6,4 a 7,0 g/dL. A
 13 diminuição das proteínas totais está relacionada com a deficiência na alimentação,
 14 quando descartadas causas patológicas (González *et al.*, 2000), o que não foi verificado
 15 no presente estudo, uma vez que as proteínas totais mantiveram-se ligeiramente acima
 16 dos valores de referência. Além disso, mesmo com redução no CMS e CPB, estes
 17 resultados não foram suficientes para provocar alterações no metabolismo proteico.
 18 Portanto, acredita-se que os animais tiveram suas exigências nutricionais em proteína
 19 atendidas.

20

21 Tabela 7. Concentrações séricas de proteínas totais (PT), albumina e globulinas em
 22 cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo
 23 da produção do biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (%MS)				EPM	L	P-valor		
	0	7	14	21			Q	0% × RL	7% vs 14 e 21 ²
PT (g/dL)	7,16	7,24	7,26	7,04	0,04	0,374	0,067	0,83	0,41
Albumina (U/L)	3,41	3,23	3,71	3,21	0,08	0,834	0,199	0,92	0,42
Globulina (U/L)	3,75	4,01	3,56	3,83	0,09	0,754	0,998	0,86	0,34
Ureia (mg/dL)	36,12	37,24	39,43	40,08	0,96	0,195	0,840	0,34	0,40
Creatinina (mg/dL)	1,40	1,45	1,52	1,47	0,02	0,213	0,337	0,16	0,46

24 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de
 25 inclusão de RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático. EPM
 26 = erro padrão da média.

27

1 As concentrações séricas de albumina e globulinas apresentaram valores dentro
2 do normal para a espécie caprina, cujos valores de referência para ambas são de 2,7 a
3 3,9 g/dL e 2,7 a 4,1 U/L, respectivamente (Kaneko *et al.*, 2008). Esse fato mostra que a
4 inclusão do RL não alterou o aproveitamento da proteína, pois segundo González *et al.*
5 (2000) a albumina é considerada o indicador mais sensível para avaliar o estado
6 nutricional proteico, é sintetizada no fígado e sua concentração pode ser alterada pelo
7 aporte de proteína na ração. Deste modo, fica claro que as quatro dietas supriram a
8 demanda de proteína ao organismo animal. Martins *et al.* (2013) avaliaram as
9 concentrações séricas de albumina em borregas Texel, suplementadas com 20% de
10 glicerol, não observaram alteração nas concentrações séricas de albumina.

11 As concentrações séricas de ureia e creatinina apresentaram-se normais,
12 considerando os valores de referência para a espécie caprina que variam de 21,4 a 42,8
13 mg/dL e 1,0 a 2,0 mg/dL, respectivamente, citados por Kaneko *et al.* (2008). De acordo
14 com estes autores, os valores de ureia e creatinina são usualmente indicados para a
15 avaliação da função renal dos animais domésticos. Entretanto, segundo Braun *et al.*
16 (2010), a concentração plasmática de creatinina não é um indicador precoce no
17 diagnóstico de insuficiência renal, a sua presença no plasma pode indicar um dano renal
18 relevante e deve sempre ser considerado. Valores aumentados de ureia e creatinina
19 podem indicar deficiência na funcionalidade renal (Soares Filho *et al.*, 2015). Com isso,
20 pode-se inferir que a inclusão do RL na dieta em níveis crescentes não afetou a função
21 renal dos animais desta pesquisa.

22 Pelo fato das concentrações médias de ureia e creatinina estarem dentro dos
23 limites normais, acredita-se que a produção de amônia ruminal manteve-se normal,
24 mantendo assim, os teores de ureia sanguínea normais. Esta afirmação é suportada em
25 função da existência de uma correlação positiva entre a ureia sanguínea com a
26 concentração de amônia ruminal e com o uso de aminoácidos (alanina, glutamina e
27 glicina) precursores gliconeogênicos no fígado (Kozloski, 2011). Este ocorrido indica
28 que o aporte energético proporcionado pela inclusão do RL (fonte de glicerol) foi
29 suficiente para manter a síntese proteica microbiana, mantendo a concentração de
30 amônia ruminal dentro da normalidade e assim proporcionando uma concentração de
31 ureia plasmática dentro dos valores preconizados na literatura.

1 A atividade das enzimas Aspartato Aminotransferase (AST) e Fosfatase Alcalina
 2 (FA) não sofreram alterações ($P>0,05$) com níveis crescentes de inclusão de RL na dieta
 3 (Tab. 8). Nesta pesquisa, as médias encontradas para estas enzimas estão dentro do
 4 sugerido como normal por Kaneko *et al.* (2008), que variam de 43 a 132 U/L e 93 a 347
 5 U/L, respectivamente. As enzimas AST e FA são consideradas biomarcadores
 6 sanguíneos de grande valor para avaliar distúrbios metabólicos, funcionamento
 7 hepático, alterações ósseas e desequilíbrio na relação cálcio:fósforo (González e Silva,
 8 2006).

9 Tabela 8. Atividade das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e fosfatase alcalina
 10 (FA) em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico
 11 oriundo da produção do biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (%MS)					P-valor			
	0	7	14	21	EPM	L	Q	0% × RL	7% vs 14 e 21 ²
AST (U/L)	74,32	83,28	57,87	59,85	3,26	0,152	0,499	0,74	0,07
FA (U/L)	356,84	353,05	351,48	347,02	1,85	0,195	0,954	0,31	0,54

12 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de
 13 inclusão de RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático. EPM
 14 = erro padrão da média.
 15

16 A mensuração da AST é indicada nas doenças sistêmicas que incluem perda de
 17 peso, hepatomegalia, vômito, diarreia, icterícia, ascite. A enzima está presente em
 18 grande quantidade nos hepatócitos, principalmente no interior das mitocôndrias. Seu
 19 aumento está relacionado a uma lesão hepatocelular (Brás *et al.*, 2014).

20 A Fosfatase Alcalina é uma enzima presente nas células que circundam os
 21 ductos biliares no fígado, sendo dosado a partir do soro e utilizado, principalmente,
 22 como parâmetro para a avaliação de doenças hepáticas e doenças ósseas. Seus níveis
 23 sanguíneos aumentam quando há alguma obstrução no ducto biliar (Oliveira, 2012a).
 24 Portanto, com os valores médios de AST e FA dentro da normalidade, pode-se inferir
 25 que a inclusão do RL composto por 30,6% de glicerol e com metanol residual (0,63
 26 g/kg MS), sendo este, um álcool responsável por desencadear intoxicações (Leão *et al.*,
 27 2012), não provocou efeitos tóxicos, o que poderia desencadear danos a saúde dos
 28 animais. De acordo com Donkin, (2008) a FDA (2006) indica que os teores de metanol
 29 superiores a 150 ppm podem ser considerados impróprios para o alimentação animal.

30 Este estudo corrobora com Lage *et al.* (2014) ao avaliarem a inclusão de 3, 6, 9 e
 31 12% de glicerina bruta com 8,7% de metanol, não observaram efeitos deletérios ao

1 animal. Portanto, a inexistência de variações nas concentrações séricas das enzimas
2 hepáticas AST e FA no soro, permaneceram dentro do recomendado na literatura para a
3 espécie indica que, no presente trabalho, os níveis de inclusão de RL como fonte de
4 glicerol não desencadearam alterações no tecido hepático e ósseo durante o
5 metabolismo dos lipídios.

6 7 **CONCLUSÃO**

8 Conclui-se que o resíduo lipídico, como fonte de glicerol, na dieta de cabras
9 lactantes pode ser incluído em até 7% da matéria seca total da dieta, sem promover
10 problemas metabólicos.

11 12 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 13 ANDRIGUETO, J.M. *Nutrição animal*. São Paulo: Nobel 1990. 396p
- 14 AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). *Official*
15 *methods of analysis*. 15.ed. Washington: AOAC. 1990.
- 16
17 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of*
18 *Analysis*. 18. ed. rev. 2. Gaithersburg, MD, USA, 2007.
- 19
20 BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. 2.ed.
21 Jaboticabal: FUNEP, 2011. 616p.
- 22 BARBOSA, L.P.; RODRIGUES, M.T.; GUIMARÃES, J.D. *et al*. Condição corporal ao
23 parto e perfil metabólico de cabras alpinas no início da lactação. *Revista Brasileira de*
24 *Zootecnia*, v.38, n.10, p.2007-2014, 2009.
- 25 BEZERRA, L.R.; FERREIRA, A.F.; CAMBOIM, E.K.A. *et al*. Perfil hematológico de
26 cabras clinicamente sadias criadas no Cariri paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32,
27 n.3, p.955-960, 2008.
- 28
29 BIRGEL, E.H.; LARSSON, M.H.M.A.; HAGIWARA, M.K. *et al*. *Patologia clínica*
30 *veterinária*. São Paulo: Sociedade Paulista de Medicina Veterinária, 1982, p.2-49.
- 31
32 BRÁS, P.; POSSENTI, R.A.; BUENO, M.R. *et al*. Avaliação nutricional de coprodutos
33 da extração de óleos vegetais em dieta de ovinos. *Boletim de Indústria Animal*, v.71,
34 n.2, p.160-175, 2014.
- 35 BRAUN, J. P; TRUMEL, C; BÉZILLE, P. Clinical biochemistry in sheep: a selected
36 review. *Small Ruminant Research*, v. 92, p.10-18, 2010.
- 37

- 1 CALDEIRA, R.M.; BELO, A.T.; SANTOS, C.C.; VAZQUES, M.I. PORTUGAL, A.V.
2 The effect of long- term feed restriction and over- nutrition on body condition score,
3 blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research*, v.68,
4 p.242-255, 2007.
5
- 6 DEGARIS, P.J.; LEAN, L.J.; Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology
7 and control principles. *The Veterinary Journal*, v.176, p.58-69, 2009.
8
- 9 DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: The new corn for dairy cattle.
10 *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, Supl., p.280-286, 2008.
- 11 FDA - Food and Drug Administration. *Elemental Analysis Manual*. United States of
12 America. Section 4.4 Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometric
13 Determination of Elements in Food Using Microwave Assisted Digestion, 2006.
- 14 FELDMAN, B.F., ZINKL, J.G., JAIN, C.N. *Schalm's veterinary hematology*. 5^a ed.
15 Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.1344p.
- 16 GARCIA-NAVARRO, C.E.K. *Manual de Hematologia Veterinária*. São Paulo:
17 LivrariaVarela, 2.ed, 2005. 206p.
- 18 GOFF, J.P. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine
19 health. *Journal Dairy Science*, v.89, p.1292-1301, 2006.
- 20 GONZÁLEZ F.H.D.; SILVA S.C. *Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária*. Porto
21 Alegre: UFRGS, 2006. 357p.
- 22 GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise
23 clínica, metabólica e nutricional. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; CAMPOS, R. (Eds): *Anais*
24 *do primeiro Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil*. Porto
25 Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.73-89, 2003.
- 26 GONZALEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H.O.; RIBEIRO, L.A. *Perfil*
27 *metabólico em ruminantes*. Seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre:
28 UFRGS, 2000, 108p.
- 29 GRESSLER, M.A.L.; SOUZA, M.I.L.; SOUZA, A.S. *et al.* Respostas bioquímicas de
30 ovelhas submetidas a flushing de curto prazo em região subtropical. *Revista Brasileira*
31 *Saúde e Produção Animal*, v.16, n.1, p.210-222, 2015.
32
- 33 HALL, M.B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates*. Nutritional relevance and
34 analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.
- 35 HOMEM JUNIOR, A. C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. *et al.* Grãos de girassol
36 ou gordura protegida em dietas com alto concentrado e ganho compensatório de
37 cordeiros em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.3, p. 563-571,
38 2010.
- 39 HUANG, Y.; SCHOONMAKER, J.P.; OREN, S.L.; *et al.* Calcium salts of CLA
40 improve availability of raçõory CLA. *Livestock Science*, v.122, n.1, p.1-7, 2009.
41

- 1 JONES, M. L.; ALISSON, R.W. Evaluation of the ruminant complete blood cell count.
2 *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, v.23, p.337-402, 2007.
3
- 4 JUNIOR, R.G.; CAVALI, J.; PORTO, M.O.; *et al.* Resíduos agroindustriais e
5 alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v.3, n.1, p.93-
6 104, 2014.
7
- 8 KANEKO J.J.; HARVEY J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical Biochemistry of Domestic*
9 *Animals*. 6th ed. Academic Press, San Diego. 928p. 2008.
- 10 KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. 3 ed. Santa Maria: UFSM. 2011. 280p.
11 LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R. *et al.* Carcass characteristics of
12 feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat.
13 *Meat Science*, v.96, p.108-113, 2014.
- 14 LEÃO, J.P.; RAMOS, A.T.; MAROU, V.M. *et al.* Anatomopatologia de amostras de
15 bovinos alimentados com glicerol. *Ciência Rural*, v.42, n.7, p.1253-1256, 2012.
- 16 LOPES, S.T.A.; BIONDO, A.W.; SANTO, A.P. *Manual de Patologia Clínica*
17 *Veterinária*, 3.ed. Santa Maria, 2007, 107p.
- 18 MARTINS, A.S.; KACHINSKI, M.B.; GALETTO, S.L. *et al.* Consumo, desempenho e
19 metabólitos sanguíneos de ovelhas suplementadas com glicerol na dieta. *Enciclopédia*
20 *Biosfera*, v.9, n.17, p. 788-797, 2013.
21
- 22 MUNDIM, A.V.; COSTA, A.S.; MUNDIM, S.A.P. *et al.* Influência da ordem e estágio
23 da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen. *Arquivos*
24 *Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, p. 306-312, 2007.
25
- 26 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of small*
27 *ruminants*. 2007, 362p.
- 28 OLIVEIRA, M.V.P. Aplicações de estudos bioquímicos quantitativos em ciências
29 biológicas e da saúde. *Renefara*, v.2, p.99-127, 2012a.
- 30 OLIVEIRA, M.G.C.; NUNES T.L.; PAIVA, A.L.C.; *et al.* Aspectos hematológicos de
31 caprinos (*Capra hircus*) da raça Canindé criados no Rio Grande do Norte. *Pesquisa*
32 *Veterinária Brasileira*, v.32, n.1, p.4-8, 2012b.
33
- 34 POLIZOPOULOU, Z. S. Haematological tests in sheep health management. *Small*
35 *Ruminant Research*, v.92, p.88-91, 2010.
- 36 PUGH D.G. *Clínica de ovinos e caprinos*. Roca, São Paulo, 2005. 513p.
- 37 RIBEIRO, L.A.O.; GONZÁLEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R. *et al.* Perfil metabólico
38 de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. *Acta Scientiae*
39 *Veterinariae*. v.31, n.3, p.167-170, 2003.
40

- 1 ROBERTO J.V.B.; SOUZA B.B.; SILVA A.L.N. *et al.* Parâmetros hematológicos de
2 caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido
3 paraibano. *Revista Caatinga*, v.23, n.1, 127-132, 2010.
- 4
- 5 SILVA, D. A. V.; HOMEM JÚNIOR, A. C.; EZEQUIEL, J. M. B. Sexo e fontes de
6 lipídeos sobre os parâmetros sanguíneos de ovinos confinados. *Revista Brasileira de*
7 *Medicina Veterinária*, v.36, n.2, p.153-158, 2014.
- 8
- 9 SILVA, D. A. V.; EZEQUIEL, J. M. B.; PASCHOALOTO, J. R.; ALMEIDA, M. T. C.
10 Volumosos e glicerina bruta na dieta de bovinos de corte: efeito sobre o hemograma e
11 bioquímica sérica. *Ars Veterinaria*, v. 29, n.3, p.183-189, 2013.
- 12 SILVA, D.A.V.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; EZEQUIEL, J.M.B. *et al.* Glicerina bruta na
13 dieta de bovinos de corte confinados: efeito sobre o hemograma. *Brazilian Journal of*
14 *Veterinary Research and Animal Science*, v.49, n.3, p.202-209, 2012.
- 15 SILVA, G.L.S.; AZEVEDO, A.M.; AZEVEDO, S.A. *et al.* Efeito da inclusão de fontes
16 lipídicas na dieta de cabras em lactação sobre os parâmetros sanguíneos. *Ciência e*
17 *Agrotecnologia*, v.34, p.233-239, 2010.
- 18 SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P. *et al.* Influência da dieta com diferentes
19 níveis de lipídeo e proteína na resposta fisiológica e hematológica de reprodutores
20 caprinos sob estresse térmico. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.1, p.154-161, 2006.
- 21 SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.T. *et al.* A net carbohydrate and
22 protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein
23 availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- 24 SOARES FILHO, C.V.; ROSA, P.R.B.; COSTA, R.L.D.; SPADA, J.C.P. Óleo de
25 Neem (*Azadirachta indica*) nos parâmetros parasitológicos, hematológicos e
26 bioquímicos de ovinos naturalmente infectados por nematoides gastrintestinais. *Revista*
27 *Brasileira Saúde Produção Animal*, v.16, n.2, p.408-419, 2015.
- 28 SOUZA, P.T.; SALLES, M.G.F.; COSTA, A.N.L. *et al.* Perfil hematológico de cabras
29 Saanen e mestiças (1/2 Saanen e 1/2 Anglo-nubiana) criadas em clima tropical do
30 Ceará. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. v.35 n.1, p.99-104, 2015.
- 31
- 32 UNITED STATES PHARMACOPEIAL CONVENTION, INC. USP / NF: *The official*
33 *compendia of standards*, 38th edition. Rockville: USP, 2015.
- 34
- 35 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber,
36 neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.
37 *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- 38
- 39 VIANA, R.B.; BIRGEL JUNIOR, E.H.; AYRES, M.C.C. *et al.* Influência da gestação e
40 do puerpério sobre o leucograma de caprinos da raça Saanen, criados no Estado de São
41 Paulo. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.39, p.196-201,
42 2002.
- 43

- 1 VILLA, N.A.; PULGARÍN, E.F.; TABARES, P.A. *et al.* Medidas corporales y
- 2 concentración sérica y folicular de lípidos y glucosa en vacas Brahman fértiles y
- 3 subfértiles. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.9, p.1198-1204, 2009.
- 4

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

CAPÍTULO 3 – “PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO FLUIDO RUMINAL DE CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO RESÍDUO LIPÍDICO ORIUNDO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL”.

Elaborado de acordo com as normas da Revista Semina: Ciências Agrárias
(<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias>)

1 **Physical, chemical and microbiological parameters of the rumen fluid of dairy goats fed diets**
 2 **containing lipid residue derived from the production of biodiesel**

3 **Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de cabras lactantes**
 4 **alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel**

5
 6 Carlos Barbosa dos Santos^{1*}; Marcos Jácome Araújo²

7 **Abstract**

8 This study aimed to analyze the effects of inclusion of lipid residue (LR), derived from the production of
 9 biodiesel, made from residual oil frying in diets of lactating goats on hematological and biochemical profile.
 10 Eight goats, about two years and 42.06 ± 3.5 kg body weight were used (PC), maintained in individual stalls
 11 receiving four diets containing 0, 7, 14 LR and 21% (% DM). The design was a Latin square 4×4 being
 12 conducted two simultaneous squares. Orthogonal contrasts were tested to determine linear and quadratic
 13 effects and the effects of 0% LR in the diet compared to the other treatments, which are significant when
 14 $P \leq 0.05$. Decreased linearly ($P < 0.05$) in the consumptions of DM and neutral detergent fiber (NDF) and
 15 quadratic effect ($P < 0.05$) in ether extract (EE). The inclusion of LR influenced ($P < 0.0001$) motility and
 16 density of protozoa. There was no effect ($P > 0.05$) of the treatments on pH, N-NH₃ concentration and
 17 percentage of ruminal protozoa. There was a linear increase in sedimentation and flotation times. It was
 18 concluded that inclusion of LR in the diet, as glycerol source, decreased the nutrients intake, altering ruminal
 19 microbes from the 14 and 21% levels, but the pH and N-NH₃ were not affected. It is suggested that the
 20 inclusion of the LR can be recommended until the level of 7% DM.

21 **Keywords:** frying oil, glycerol, protozoa, rumen fermentation

22 **Resumo**

23 Objetivou-se analisar os efeitos da inclusão do resíduo lipídico (RL), oriundo da produção de biodiesel, a
 24 partir de óleo residual de fritura, em dietas de cabras lactantes sobre os parâmetros físico-químicos e
 25 microbiológicos do fluido ruminal. Foram utilizadas oito cabras, com aproximadamente dois anos de idade e
 26 $42,06 \pm 3,5$ kg de peso corporal (PC), mantidas em baias individuais, recebendo dietas contendo 0, 7, 14 e
 27 21% de RL (%MS). O delineamento utilizado foi em quadrado latino 4×4 , sendo conduzido dois quadros
 28 simultâneos. Contrastes ortogonais foram testados para determinar efeitos linear e quadrático, bem como os
 29 efeitos de 0% do RL na dieta em comparação com os demais tratamentos, sendo estes significativos quando
 30 o $P \leq 0,05$. Houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) sob o consumo da MS e Fibra em detergente neutro
 31 (FDN), bem como efeito quadrático ($P < 0,05$) sob o consumo de extrato etéreo (EE). A inclusão de RL
 32 influenciou ($P < 0,0001$) a motilidade e densidade dos protozoários. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos
 33 tratamentos sob o pH, concentração de N-NH₃ e percentual de protozoários do líquido ruminal. Houve efeito
 34 linear crescente sob o tempo de sedimentação e flotação (TSF). Conclui-se que a inclusão do RL na dieta
 35 como fonte de glicerol diminuiu o consumo dos nutrientes, alterando a microbiota ruminal a partir da

¹ Msc em Zootecnia niversidade Federal do Piauí, “Campus Proeffsora Cinobelina Elvas”, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: carlos.b.vet@gmail.com

² Prof. Titular, Departamento de Zootecnia, UFPI, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: jacome@ufpi.edu.br

1 inclusão dos níveis com 14 e 21%, porém o pH e N-NH₃ não foram afetados. Sugere-se que a inclusão do RL
2 pode ser recomendada até o nível de 7% na MS.

3 **Palavras-chaves:** fermentação ruminal, glicerol, protozoários ruminais, óleo de fritura

4 **Introdução**

5
6 Nos dias atuais, em meio às discussões e preocupações com o meio ambiente, vários segmentos da
7 indústria alimentícia vêm mobilizando alternativas que atuem de forma positiva, com o objetivo de diminuir
8 os impactos negativos gerados pelos combustíveis fósseis na natureza. Uma alternativa, diante dessas
9 discussões, é a produção do biodiesel proveniente do óleo residual de fritura, usado na indústria alimentícia.
10 Tal aproveitamento é um destino sustentável para o meio ambiente, evitando assim, que esse resíduo seja
11 desprezado na rede de esgoto, uma vez que o mesmo apresenta-se como um grande poluente, contribuindo
12 para potenciais problemas ambientais, além de representar perda de matérias-primas e energia. A produção
13 do biodiesel, de forma geral, gera coprodutos, como as tortas, farelos e óleos residuais, que se não forem
14 aproveitados corretamente, podem ser lançados ao meio ambiente causando prejuízos ao ecossistema.

15 Os resíduos lipídicos possuem grande potencial de uso na alimentação animal, tornando-se uma
16 alternativa energética para a alimentação de ruminantes, visto que os lipídios fornecem 2,25 vezes mais
17 energia do que os carboidratos (SILVA et al., 2007a). Surge, portanto, como uma alternativa na substituição
18 parcial ou total do milho que é usado nas rações, pois o mesmo é uma fonte de glicerol que atua diretamente
19 no metabolismo lipídico para formação de energia, necessária para que o animal desempenhe suas funções
20 produtivas, como a produção de leite, além de ser uma alternativa viável, reduzindo os custos com
21 alimentação de caprinos.

22 Sabe-se que em relação às demais espécies de ruminantes, os caprinos possuem um comportamento
23 alimentar e metabolismo mamário diferenciado, ou seja, podem apresentar respostas distintas quanto à
24 suplementação lipídica na dieta em relação aos bovinos, essas respostas à suplementação lipídica entre
25 ruminantes podem estar ligadas a complexas interações digestivas e metabólicas entre a dieta basal,
26 suplementação lipídica (natureza, tipo, quantidade) e as características animais (CHILLIARD et al., 2003).
27 Portanto, a inclusão de óleos na dieta de cabras em lactação pode alterar os parâmetros fermentativos do
28 rúmen e afetar o desempenho animal (CENKVÀRI et al. 2005; SILVA et al., 2007b; ZAMBOM et al., 2007;
29 MESSANA et al. 2013).

30 A inclusão do resíduo lipídico (RL) como fonte de glicerol na dieta de cabras em lactação, poderá
31 proporcionar alterações no ambiente ruminal. Por esse motivo, torna-se necessária a realização das provas
32 para a avaliação da função ruminal que possibilite a verificação qualitativa sobre a atividade bioquímica e
33 microbiana normal ou patológica. Assim, com a realização deste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos da
34 inclusão de níveis crescentes de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel, a partir de óleos residuais
35 de fritura, em dietas de cabras lactantes, sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do líquido
36 ruminal.

37

1 **Material e Métodos**

2 O experimento foi conduzido no Módulo Didático-Produtivo de Caprinovinocultura do Colégio
3 Técnico de Bom Jesus, pertencente à Universidade Federal do Piauí, situado no Município de Bom Jesus -
4 PI. O Município de Bom Jesus está localizado a 09°04'28" de latitude sul e 44°21'31" de longitude oeste,
5 apresentando um clima quente e semiúmido e de temperaturas médias de 18°C para a mínima e de 36°C para
6 máxima.

7 O presente trabalho foi realizado após aprovação pelo comitê de ética em experimentação animal da
8 Universidade Federal do Piauí (CEEAA/UFPI), sob o número de protocolo 016/14.

9 Foram utilizadas oito cabras da raça Anglonubianas, múltíparas, com peso corporal (PC) médio de
10 42,06±3,5 kg e aproximadamente dois anos de idade, estando aos 51±4 dias de lactação e clinicamente
11 saudáveis. Os animais foram previamente vermifugados utilizando-se como princípio ativo o (Disofenol 20%
12 - Ibasal®), mantidos em regime de confinamento em um galpão coberto com telhas de barro, baias
13 individuais (2 m²) feitas de tela, piso cimentado, providas de comedouro e bebedouro individual. A água e a
14 alimentação foram fornecidas à vontade e o consumo quantificado diariamente, durante o período de
15 colheita.

16 O experimento teve duração de 80 dias de duração, composto de quatro períodos de 20 dias. Sendo 15
17 dias destinados para adaptação ao manejo e dietas e cinco dias para a coleta de dados e amostras. Os animais
18 foram distribuídos aleatoriamente em quadrado latino 4 × 4, com quatro tratamento, quatro animais e quatro
19 períodos experimentais.

20 O resíduo lipídico (fonte de glicerol; Tabela 1) utilizado no experimento foi oriundo da produção de
21 biodiesel a partir de óleos vegetais de frituras. Este produto foi cedido pela Agência de Tratamento de Águas
22 e Esgotos do Estado do Piauí S/A (AGESPISA). O RL foi incorporado manualmente e homogeneizado ao
23 concentrado de acordo com os níveis de utilização. Os tratamentos consistiram em rações completas com
24 níveis crescentes de inclusão do RL, nas proporções de 0, 7, 14 e 21% na MS (Tabela 2). O volumoso
25 utilizado foi silagem de milho na proporção de 50%.

26 As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2007) de forma a atender as
27 exigências nutricionais de cabras em lactação com produção de 2,0 kg/cabra/dia e 4% de gordura de leite. Os
28 animais receberam duas refeições diárias, logo após as ordenhas, às 8 horas e às 16 horas. A variação de
29 peso dos animais foi avaliada por meio de pesagens efetuadas no início e final de cada período experimental.

30 O resíduo lipídico foi analisado para matéria seca (MS) (AOAC, 1990; método n° 930.15),
31 determinada em estufa a 105°C, proteína bruta (PB) pelo método Dumas (AOAC, 2007; método: n°. 992,15),
32 extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990; método 920.39, C), glicerol (USP28 NF23) e energia bruta (EB) em
33 bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., Moline, IL), pelo laboratório CBO análises laboratoriais, em
34 Campinas, São Paulo. As concentrações de metanol (USP, 2015; método n°. 467) e sódio (Na) (FDA, 2010;
35 método n°. 01592) foram determinadas pelo Centro de Qualidade Analítica, Campinas, São Paulo.

36

1 **Tabela 1.** Composição química do resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel

Item	
Umidade (g/kg)	427,6
Matéria Seca (g/kg)	572,4
Matéria Orgânica (g/kg de MS)	992,5
Matéria Mineral (g/kg de MS)	7,5
Proteína Bruta (g/kg de MS)	9,1
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	264,3
Glicerol (g/kg de MS)	306,2
Sódio (g/kg de MS)	1,60
Metanol (g/kg de MS)	0,63
Energia Bruta (kcal/kg MS)	3.787
Ácidos graxos	
Saturados (g/kg de MS)	74,1
Poli-insaturados (g/kg de MS)	129,5
Monoinsaturados (g/kg de MS)	90,7

2 MS = matéria seca

3

Tabela 2. Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Item	Inclusão de resíduo lipídico (% MS)			
	0	7	14	21
Ingrediente (g/kg MS)				
Silagem de milho	500,0	500,0	500,0	500,0
Farelo de milho	365,0	295,0	210,2	130,0
Farelo de soja	105,0	102,2	116,8	126,0
Ureia	0,00	02,8	03,0	04,0
Suplemento Mineral ¹	20,0	20,0	20,0	20,0
Calcário Calcítico	10,0	10,0	10,0	10,0
Resíduo lipídico (fonte glicerol)	0,00	70,0	140,0	210,0
Composição química (g/kg MS)				
Matéria Seca	507,4	508,0	508,6	509,2
Proteína Bruta	133,4	133,0	132,2	131,5
Fibra em Detergente Neutro	382,0	364,4	345,9	327,6
Fibra em Detergente Ácido	187,3	183,0	179,4	175,6
Extrato Etéreo	37,4	52,2	66,7	81,3
Matéria Mineral	50,1	48,9	48,6	48,1
Carboidratos Totais	779,1	765,9	752,5	739,1
Carboidratos Não Fibrosos	397,0	401,5	406,6	411,5

4 ¹ Composição (por kg do produto):: Vitamina A 135.000,00 U.I. / Vitamina D3 68.000,00 U.I. / Vitamina E 450,00 U.I.
5 / Cálcio 240,00 g / Fósforo 71,00 g / Potássio 28,20 g / Enxofre 20,00 g / Magnésio 20,00 g / Cobre 400,00 mg / Cobalto
6 30,00 mg / Cromo 10,00 mg / Ferro 250,00 mg / Iodo 40,00 mg/ Manganês 1.350,00 mg / Selênio 15,00 mg / Zinco
7 1.700,00 mg / Flúor (máx.) 710,00 mg

8

1 Os alimentos, as rações e as sobras foram analisados no laboratório de nutrição Animal do CPCE –
2 UFPI. Os teores de MS (método nº 930.15), PB (método nº 984.13) e EE (método nº. 920.39) de acordo
3 AOAC (1990). Para as determinações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido
4 (FDA) foram realizadas segundo Van Soest et al. (1991).

5 Para a estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi utilizada a equação proposta por Sniffen et al.
6 (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados utilizando as equações preconizada por Hall et
7 al. (2000).

$$8 \text{ CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

$$9 \text{ CNF} = 100 - \% \text{MM} - \% \text{EE} - \% \text{FDN} - (\text{PB} - \text{PBu} + \text{U})$$

10 Onde: U = % de ureia na dieta; PBu = PB oriunda da ureia.

11 O consumo de MS, EE e FDN foram obtidos através do registro do alimento oferecido e das sobras
12 realizado durante o período de coleta. Dessa forma, o consumo dos nutrientes foi determinado por meio da
13 diferença entre o total do nutriente contido nos alimentos ofertados e o total do nutriente contido nas sobras.
14 Estas foram pesadas sempre pela manhã em sua totalidade e 30% foram amostrados, em seguida
15 acondicionadas em sacos de plásticos com as devidas identificações dos animais, tratamentos e período de
16 colheita e, posteriormente, congeladas a -20° C.

17 Ao final de cada período as amostras foram descongeladas, homogeneizadas sendo retirada uma
18 amostra composta para cada animal de aproximadamente 250 gramas, pré-secas em estufa com ventilação
19 forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em um moinho tipo Wiley com peneiras de malha de um milímetro.

20 Durante o quinto dia de cada período de coleta, o líquido ruminal foi coletado (200 mL) de quatro
21 animais, sendo cada um pertencente a um dos tratamentos (0, 7, 14 e 21% do RL). A coleta foi realizada com
22 auxílio de uma sonda orogástrica flexível de 1,5 m de comprimento, 1,27 cm de diâmetro interno e 0,3 cm de
23 espessura de parede. A mesma possuía um bico metálico com extremidade fechada e furos nas laterais. A
24 sonda foi previamente lubrificada com óleo mineral e lavada com água destilada entre uma coleta de um
25 animal e outro. A sonda foi conectada a uma bomba a vácuo e a um tubo coletor. O líquido ruminal foi
26 colhido quatro horas após a alimentação da manhã (12h00min horas). A primeira alíquota foi descartada, de
27 modo a evitar a contaminação com saliva. O pH foi medido imediatamente após a coleta por meio de
28 peagâmetro digital de mesa. Alíquotas de 50 mL do líquido ruminal foram armazenadas em tubos plásticos
29 acidificadas com 1 mL de solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 50% (vol/vol) e congeladas a -18°C para
30 posterior determinação dos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

31 As alíquotas de 150 mL do fluido ruminal foram armazenadas em garrafas térmicas anteriormente
32 aquecidas a 39°C e encaminhadas ao laboratório de microbiologia para as análises macroscópicas do fluido.
33 Avaliaram-se os seguintes parâmetros: cor, odor, consistência, densidade e motilidade dos protozoários,
34 tempo de sedimentação e flotação (TSF), prova de redução do azul de metileno (RAM), segundo a
35 metodologia descrita por Rosemberg (1993). A flora bacteriana foi analisada em relação ao tipo
36 predominante (gram-negativa e gram-positiva) quando submetida à coloração de Gram.

1 Alíquotas de 20 mL foram filtradas com gaze dobradas em quatro camadas e em seguida destinadas à
 2 quantificação de protozoários. O líquido ruminal foi armazenado em tubos tipo falcon contendo 20 mL de
 3 formaldeído diluído (1:2) que foram vedados e identificados. Para a quantificação dos protozoários foi
 4 realizada diluições decimais de 1 mL da solução de formaldeído em tubos de ensaio, em seguida, foi
 5 adicionado 2 gotas de verde brilhante deixando repousar por uma noite. Após a coloração, foi adicionado 9
 6 mL de solução de glicerol a 30% resultando em uma diluição de 1:20 do conteúdo original (DEHORITY,
 7 1984). Em seguida foi procedida a contagem dos protozoários pequenos, médios e grandes em câmara de
 8 *Macmaster*, em microscópio óptico.

9 Após o degelo, amostras de 10 mL de líquido ruminal foram centrifugadas a 10.000 rpm durante
 10 cinco minutos. As concentrações de N-NH₃ foram determinadas pela destilação da amostra centrifugada com
 11 adição de Hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho tipo Kjeldhal. O destilado foi recebido em 10 mL
 12 de ácido bórico (H₃BO₃) 4% até o volume final de 100 mL, seguido pela titulação com ácido clorídrico
 13 (HCL) 0,005 N, conforme metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

14 O delineamento experimental utilizado foi o de Quadrado Latino duplo (4 × 4), sendo quatro
 15 animais, quatro períodos e quatro níveis de inclusão do resíduo lipídico (fonte de glicerol).

16 Para a análise das variáveis, cor, odor, consistências, motilidade, densidade, bactérias predominantes,
 17 foi empregado o método estatístico não paramétrico, analisados pelo procedimento NPAR1WAY do SAS
 18 (versão 9.0; SAS Inst. Inc., Cary, NC), e o teste de Kruskal-Wallis foi usado. Os efeitos foram considerados
 19 significativos quando *P-value* foi ≤0,05 e tendência quando o *P-value* foi de 5 a 10% de probabilidade.

20 Para as variáveis pH, N-NH₃, RAM, TSF e porcentagens de protozoários pequenos, médios e
 21 grandes, os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.0) (SAS Inst. Inc.,
 22 Cary, NC), incluindo no modelo o nível de RL, período e a interação nível de RL × período, como efeitos
 23 fixos. O animal aninhado dentro do tratamento foi considerado como efeito aleatório. Os efeitos de
 24 tratamento sobre as variáveis analisadas foram avaliados usando contrastes ortogonais para determinar os
 25 efeitos linear e quadrático, bem como os efeitos de 0% de RL na dieta comparado com as médias de todas as
 26 dietas contendo RL. Os contrastes foram significativos quando *P-value* foi ≤0,05. Os resíduos foram
 27 plotados contra os valores preditos e foram usados para verificar os pressupostos do modelo de
 28 homoscedasticidade, independência e normalidade dos erros. Um dado foi considerado um *outlier* e
 29 removido do banco de dados quando o resíduo estudentizado esteve fora do intervalo de ± 2,5.

30 O modelo estatístico adotado foi:

$$31 \quad Y_{ijk} = \mu + T_j + P_k + A_i(T_j) + (TP)_{jk} + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

32
 33 Y_{ijk} = valor observado para cada característica analisada;

34 μ = média geral;

35 T_j = efeito fixo de tratamento (níveis de RL);

36 P_k = efeito fixo de período de coleta;

37 A_i = efeito aleatório de animal aninhado em nível de RL;

1 $(TP)_{ik}$ = efeito fixo da interação dos níveis de RL e o período;

2 e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

3

4 **Resultados e discussão**

5

6 Os consumos de MS (CMS) e de FDN decresceram linearmente à medida que o nível de inclusão de RL
 7 aumentou (Tabela 3). Esse decréscimo aconteceu, principalmente, quando se incluiu o RL acima de 14% (7% vs
 8 14 e 21% de RL). Provavelmente, isso tenha acontecido devido à baixa aceitabilidade das dietas com os níveis
 9 mais altos de RL, uma vez que houve seleção de alimentos por parte de alguns animais, principalmente ao nível
 10 com 21% de RL. Um fator que contribuiu para este ocorrido está relacionado aos elevados teores de Na (50 g/kg
 11 MS) e metanol residual (1.109 ppm), pois, o sal e as impurezas nos óleos reciclados e os reagentes utilizados na
 12 transesterificação são os principais problemas da glicerina bruta advinda da produção do biodiesel, pois elas têm a
 13 capacidade de limitar o consumo (CUNHA et al., 2014).

14

15 **Tabela 3.** Consumo de matéria seca (CMS), extrato etéreo (CEE) e fibra em detergente neutro (CFDN) em
 16 cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo lipídico oriundo da produção de
 17 biodiesel.

Item	Resíduo lipídico (% MS)				EPM	P-valor			
	0	7	14	21		L	Q	0 vs RL ¹	7% vs 14 e 21%
CMS									
kg/dia	1,75	1,85	1,30	1,02	0,09	0,001	0,19	0,003	0,0005
CEE									
kg/dia	0,07	0,09	0,08	0,03	0,005	0,006	0,0002	0,50	0,006
CFDN									
kg/dia	0,62	0,63	0,41	0,35	0,03	<0,0001	0,35	0,005	0,0001

18 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; ² Efeito de 7% de inclusão de
 19 RL versus as dietas contendo 14 e 21% de RL; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; EPM = erro padrão da média.

20

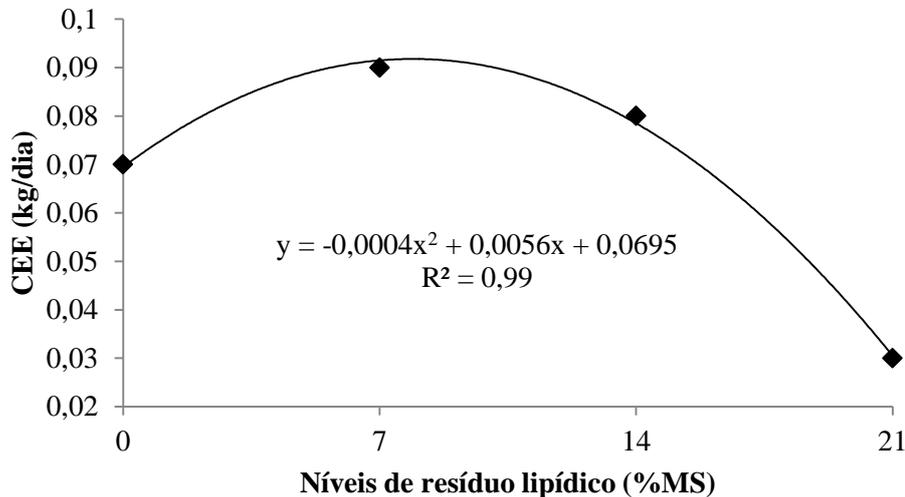
21 Os ácidos graxos insaturados, presentes na maioria dos lipídios, quando usados em grandes
 22 quantidades acabam cobrindo as partículas alimentares, impedido a adesão dos microrganismos nas
 23 partículas, com isso, afeta a digestibilidade da fibra (KOZLOSKI, 2009). Outro fator que pode ter
 24 contribuído para diminuição do CFDN é a intolerância dos microrganismos a elevados níveis de material
 25 graxo (BARROS et al., 2015).

26

27 Resultados semelhantes foram observados por Barros et al. (2015), que trabalharam com níveis
 28 crescentes de inclusão da glicerina bruta (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,48% na MS) em substituição ao milho, na
 29 dieta de ovinos, e por Avila-Stagno et al. (2013) avaliando a inclusão de glicerina bruta em níveis crescentes
 30 de (7, 14, e 21% na MS), na dieta de cordeiros, observaram redução linear no CMS, conforme a glicerina
 31 bruta foi adicionada na dieta. Por outro lado, Martins et al. (2013) avaliaram a inclusão de 20% de glicerol
 no concentrado de ovinos e relataram que não houve efeito do glicerol sobre o CMS em ovelhas

1 suplementadas com glicerol na dieta. Parte dessas diferenças pode estar relacionada com o teor de EE e de
 2 glicerol do RL, os quais foram de 306,2 e 264,6 g/kg MS, uma vez que na literatura, na maioria das vezes,
 3 possui acima de 800 g de glicerol/kg MS.

4 O consumo de EE comportou-se de forma quadrática ($P=0,0002$; Tabela 3; Figura 1), apresentando
 5 máximo consumo foi de 9 g de EE/dia ao nível de 11,5% de RL.
 6



7

8 **Figura 1.** Consumo de extrato etéreo (kg/dia) em cabras lactantes alimentadas com dietas contendo resíduo
 9 lipídico oriundo da produção do biodiesel.

10 A inclusão do RL não influenciou ($P>0,05$) a cor do fluido ruminal (Tabela 4). Por outro lado, é
 11 evidente que houve variações para esta característica, pois os mesmos apresentaram comportamentos
 12 diferentes em determinados tratamentos. Dessa forma, observou-se que a cor que mais predominou foi à cor
 13 verde acastanhado, estando essa cor dentro da tonalidade de verde que Rosenberger (1993) considera dentro
 14 dos padrões de normalidade. Além disso, estes dados corroboram com Radostitis et al. (2002), ao relatar que,
 15 quando a alimentação básica do animal é silagem ou palha (alimento seco) a cor é amarelo acastanhada.
 16 Apesar de o CMS ter reduzido, a cor do fluido permaneceu dentro da normalidade, tal fato está relacionado
 17 ao volumoso fornecido, no caso deste estudo, silagem de milho, fazendo parte de 50% da dieta ofertada aos
 18 animais.

19 A adição de RL na dieta tendeu a promover ($P=0,08$) odor aromático ao fluido ruminal, estando esse
 20 padrão dentro da normalidade (ROSENBERGER, 1993). O odor aromático é decorrente da presença de
 21 compostos voláteis gerados fisiologicamente na fermentação ruminal (MENEZES et al., 2012). Em casos de
 22 odores de mofo ou podre, em geral, indica putrefação de proteína, caracterizado como um cheiro muito
 23 desagradável e intenso. É indicativo de formação excessiva de ácido lático decorrente de sobrecarga por
 24 grãos e conseqüente redução do pH ruminal (RADOSTITS et al., 2002).

25

26

27

1 **Tabela 4.** Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos físicos
 2 do fluído ruminal de cabras em lactação.

Item	Inclusão de resíduo lipídico (% MS)				P-valor*
	0	7	14	21	
Cor	Amarelo palha (50%)	Amarelo palha (0%)	Amarelo palha (25%)	Amarelo palha (25%)	0,55
	Verde oliva (25%)	Verde oliva (25%)	Verde oliva (0%)	Verde oliva (0%)	
	Verde acastanhado (25%)	Verde acastanhado (75%)	Verde acastanhado (75%)	Verde acastanhado (75%)	
	Aromático (25%)	Aromático (100%)	Aromático (100%)	Aromático (75%)	
Odor	Levemente pútrido (25%)	Levemente pútrido (0%)	Levemente pútrido (0%)	Levemente pútrido (0%)	0,08
	Pútrido amoniacal (25%)	Pútrido amoniacal (0%)	Pútrido amoniacal (0%)	Pútrido amoniacal (25%)	
	Fétido (25%)	Fétido (0%)	Fétido (0%)	Fétido (0%)	
	Moderadamente Viscoso (25%)	Moderadamente Viscoso (25%)	Moderadamente Viscoso (0%)	Moderadamente Viscoso (25%)	
	Viscoso (0%)	Viscoso (25%)	Viscoso (0%)	Viscoso (25%)	
	Levemente viscoso (25%)	Levemente viscoso (50%)	Levemente viscoso (50%)	Levemente viscoso (25%)	
Consistência	Levemente aquoso (50%)	Levemente aquoso (0%)	Levemente aquoso (50%)	Levemente aquoso (25%)	0,47

3 *Kruskal-Wallis Test

4 Do mesmo modo, não foi evidenciado efeito significativo ($P=0,47$) para a característica de
 5 consistência do fluído ruminal (Tabela 4). Nota-se, portanto, que a consistência levemente viscosa esteve
 6 presente em todos os tratamentos, mostrando maior ocorrência para essa característica física, que de acordo
 7 com Rosenberger (1993), está dentro dos padrões de normalidade.

8 A motilidade e densidade dos protozoários foram influenciadas negativamente ($P<0,0001$) pelo
 9 aumento do nível de inclusão do RL (Tabela 5). Esse fato pode ser atribuído ao aumento do nível de RL, o
 10 que pode ter reduzido a motilidade e densidade devida menor concentração de substrato e maior
 11 concentração de lipídios. Além disso, tais níveis de RL podem ter proporcionado efeitos tóxicos sobre a
 12 motilidade e densidade dos protozoários, devido à toxicidade dos ácidos graxos presentes na composição dos
 13 lipídios sobre os protozoários (VAN SOEST et al., 1994).

1 **Tabela 5.** Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos
 2 microbiológicos do fluído ruminal de cabras em lactação.

Item	Inclusão de resíduo lipídico (% MS)				P-valor*
	0	7	14	21	
Motilidade dos Protozoários	+++ (62,5%)	+++ (62,5%)	+ (50%)	- (75,0%)	<0,0001
	++ (37,5%)	++ (37,5%)	+++ (50%)	+ (25,0%)	
Densidade Protozoários	++ (62,5%)	++ (37,5%)	+ (75,0%)	- (75,0%)	<0,0001
	+++ (37,5%)	+++ (62,5%)	++ (25,0%)	+ (25,0%)	
Bactérias predominantes	Gram + (37,5%)	Gram + (12,5%)	Gram + (50%)	Gram + (25,0%)	0,58
	Gram - (62,50%)	Gram - (87,50%)	Gram - (50,0%)	Gram - (75,50%)	

3 Abundante: +++; Moderada/boa: ++; Reduzida/Pouca: +; Ausente: -
 4

5 Os níveis de RL não influenciaram ($P=0,58$) o tipo de bactérias predominantes, se gram positivas ou
 6 negativas (Tabela 5). Embora não tenha ocorrido efeito significativo para tal característica, percebem-se
 7 maiores percentuais para as bactérias gram-negativas em relação às gram-positivas, nos tratamentos com 0, 7
 8 e 21% de inclusão de RL na dieta. Entretanto, com 14% de RL na dieta, portou-se de forma semelhante para
 9 ambos os tipos de bactérias.

10 As menores proporções observadas para as bactérias gram-positivas podem estar relacionada ao fato
 11 destas, serem sensíveis aos ácidos graxos insaturados presentes no RL. Os ácidos graxos insaturados
 12 apresentam efeitos tóxicos sobre esse grupo de bactérias, entretanto, não afetam as bactérias gram-negativas,
 13 que apresentaram maiores proporções em relação ao grupo de gram-positiva (BERCHIELLI et al., 2011). O
 14 efeito tóxico dos ácidos graxos sob as bactérias do rúmen depende da quantidade e do tipo de gordura
 15 (KHOTSAKDEE et al., 2010). Entretanto, pode-se inferir que o efeito tóxico foi minimizado pela adição de
 16 volumoso na dieta, que segundo Berchielli et al. (2011), os ácidos graxos insaturados apresentam baixa
 17 toxicidade, quando na dieta é fornecida uma fonte de volumoso, que no caso do presente estudo, foi a silagem
 18 de milho.

19 Não houve efeito significativo ($P>0,05$) para os valores ruminiais de pH e N-NH₃ mg/dL (Tabela 6).
 20 Ou seja, tanto no tratamento controle como nos tratamentos com de inclusão de níveis de 7, 14 e 21% de RL,
 21 o pH e N-NH₃ ruminal apresentaram comportamentos semelhantes, variando de 6,47 a 6,63 e 8,27 a 9,80
 22 (mg/dL), respectivamente. De modo semelhante Chanjula et al. (2014), avaliaram os efeitos do glicerina
 23 bruta em níveis (0%, 5%, 10% e 20% na MS) substituindo grãos de milho, sobre as características de
 24 fermentação ruminal, observaram que o pH ruminal e o N-NH₃ foram inalterados pelos tratamentos.

25

1 **Tabela 6.** Efeito da inclusão de resíduo lipídico oriundo da produção de biodiesel sobre os aspectos
 2 bioquímicos e microbiológicos do fluido ruminal de cabras em lactação.

Item	Inclusão de resíduo lipídico (% MS)				EPM	P-valor		0% × RL
	0	7	14	21		L	Q	
pH	6,50	6,47	6,63	6,50	0,04	0,693	0,558	0,755
N-NH ₃ (mg/dL)	9,80	8,27	8,88	8,88	0,46	0,540	0,332	0,314
RAM (min)	8,80	7,04	6,90	8,41	0,63	0,950	0,187	0,448
TSF (min)	5,97	6,14	9,53	8,97	0,46	0,001	0,457	0,018
<i>Protozoários (%)</i>								
Pequeno	69,10	64,65	61,51	72,25	2,52	0,795	0,183	0,625
Médio	26,42	30,54	33,76	23,17	2,39	0,783	0,183	0,631
Grande	4,48	4,81	4,73	4,58	1,03	0,978	0,898	0,931

3 ¹ Efeito de 0% de inclusão de resíduo lipídico (RL) versus todas as dietas contendo RL; L = Efeito linear; Q = Efeito
 4 quadrático; EPM = erro padrão da média; RAM = redução de azul de metileno; TSF = tempo de sedimentação e
 5 flotação.
 6

7 Pode-se observar que em todos os tratamentos o pH se manteve dentro da faixa aceitável para a boa
 8 fermentação ruminal (6,2 a 6,7), para que haja atividade microbiana normal no rúmen (VAN SOEST, 1994),
 9 valores abaixo de 6,2 inibem a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para a degradação da
 10 parede celular.

11 Os valores de N-NH₃ encontrados no presente trabalho foram superiores ao valor mínimo (5,0
 12 mg/dL) para o máximo crescimento microbiano, recomendado por Satter e Slyter (1974). Por conseguinte,
 13 apresentaram valores menores aos encontrados por Chanjula et al. (2014), que trabalharam com inclusão de
 14 glicerina bruta na dieta de cabras, com valores variando de (20,29 a 21,83 mg/dL). Entretanto, os valores
 15 observados neste estudo, encontram-se próximos do nível ideal (10 mg/dL) para fermentação adequada
 16 (VAN SOEST, 1994). Dessa maneira, os dados encontrados estão entre os valores normais, o que corrobora
 17 com a atividade microbiana ruminal, entretanto, encontra-se reduzida. A diminuição da concentração de N-
 18 NH₃ no rúmen é uma das principais características de defaunação, isso em decorrência da redução da
 19 atividade predatória e proteolítica dos protozoários (MARTINELE et al., 2008).

20 Estes resultados estão de acordo com o trabalho realizado por Abo El-Nor et al. (2010), utilizaram
 21 vacas fistuladas no rúmen, avaliaram dietas com (0, 36, 72 e 108 g/kg de glicerol na MS), substituindo o
 22 milho no concentrado de dietas baseadas em feno de alfafa e concentrado e observaram que não houve efeito
 23 no pH e N-NH₃ do líquido ruminal com a inclusão de glicerol. Os autores concluíram que a substituição de
 24 milho por um nível baixo de glicerol não provoca efeito adverso sobre a fermentação.

25 Brás et al. (2014) estudaram o efeito a inclusão de tortas (cártamo, nabo forrageiro, girassol e
 26 crambe) sob a fermentação ruminal de ovinos e observaram que os valores de pH ruminal para os diferentes
 27 tratamentos estudados, foram semelhantes, com valores médios próximos de 6,25 e maiores teores de N-NH₃
 28 foram observados nos animais alimentados com a torta de nabo forrageiro. Já Abubakr et al. (2013) testaram
 29 os efeitos de óleo de palma e torta de dendê na dietas de cabras, verificaram que houve efeito sob o pH
 30 ruminal e concentração de N-NH₃ pela dieta.

1 Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para a variável redução de azul de metileno (RAM)
2 (Tabela 6). Esses resultados demonstram que a digestão foi pouco ativa, pois, apresentou valores médios
3 acima de 3 minutos e, segundo Radostits et al. (2002), em caso de digestão muito ativa, ocorre descoloração
4 do azul de metileno em 3 minutos e, quando a descoloração requer mais tempo, o indício é de que a atividade
5 no ambiente ruminal está diminuída. No presente estudo, a redução ocorreu entre 6,90 a 8,80 minutos. A
6 digestão pouco ativa observada neste trabalho está relacionada com concentração de $N-NH_3$, pois,
7 apresentou-se abaixo do ideal para boa fermentação, o que corroborou para tal ocorrido, visto que a
8 diminuição promove defaunação.

9 O tempo de sedimentação e flotação (TSF) aumentou linearmente à medida que aumentou a inclusão
10 de RL ($P<0,0012$; Tabela 6). Quando se comparou o TSF dos animais que não receberam o RL com aqueles
11 que o receberam (0% vs RL), este foi significativo ($P<0,018$). O TSF normal é entre 4 e 8 minutos
12 (RADOSTITS et al., 2002), ou seja, modificações nesse tempo podem estar relacionadas a anormalidades
13 como ausência de flutuação em acidose. Os níveis com 0 e 7% de inclusão de RL, apresentaram valores de
14 5,97 e 6,14 minutos, respectivamente, estando dentro do recomendado. Entretanto, nos níveis com 14 e 21%
15 observaram-se valores de 9,53 e 8,57 minutos, respectivamente, estando esses valores fora do preconizado
16 por Radostits et al. (2002).

17 O aumento do TSF com inclusão de RL na dieta, está relacionado à estabilidade do pH ruminal, que
18 oscilou entre 6,2 a 6,7 e ao predomínio das bactérias gram-negativas sobre as gram-positivas. Tal efeito é
19 considerado positivo, pois, segundo Borges et al. (2011), em casos agudos de acidose, ocorrem reduções do
20 pH ruminal, predomínio das bactérias gram-positivas sobre as gram-negativas e diminuição do tempo
21 flotação e sedimentação.

22 Não houve diferença estatística ($P>0,05$) para o percentual de protozoários pequenos, médios e
23 grandes e função dos tratamentos (Tabela 6). Entretanto, os pequenos protozoários prevaleceram sobre os
24 médios e grandes, apresentado, para os quatro tratamentos, percentual médio de 67%. Este predomínio está
25 relacionado ao tamanho de protozoários, pois as espécies menores são, provavelmente, mais resistentes à
26 fermentação ruminal (BORGES et al., 2011).

27 A quantidade de protozoários não foi verificada, porém, observou-se que a densidade diminui com
28 inclusão de RL, assim, acredita-se que a quantidade também tenha reduzido. De acordo com Fávoro et al.
29 (2014), a utilização de glicerina bruta na dieta promove redução do substrato sólido para os microrganismos
30 ruminais, aumentando a taxa de passagem da digesta ruminal, o que favorece a passagem das populações de
31 protozoários para o intestino, com isso, levando à redução desses microrganismos no rúmen.

32 Do mesmo modo, Santos et al. (2015), avaliaram o efeito da inclusão da torta de macaúba (47,8;
33 64,0; 80,0 e 95,8 g/kg EE) sob a população de protozoários do rúmen de vacas Holandesas, observaram que
34 houve decréscimo na concentração de protozoários ciliados no líquido ruminal. Tal fato pode ser explicado
35 pelo excesso de lipídios, que em grandes quantidades, provoca efeitos deletérios sobre os microrganismos.

36 Quando avaliaram os efeitos da inclusão de torta de macaúba nos níveis (0, 5, 10 e 15%)
37 correspondendo (5,25; 4,69; 4,15 e 3,59% de EE na dieta) sob a população de protozoários ruminais de

1 caprinos, RUFINO et al. (2011) constataram que a inclusão de torta de macaúba no nível de 5% da dieta não
2 alterou a concentração média dos protozoários no líquido ruminal em comparação ao grupo controle (0% de
3 inclusão).

4 Embora a inclusão do RL tenha diminuído a motilidade e a densidade dos protozoários, o pH e a
5 concentração de N-NH₃ não foram alterados. A suplementação lipídica em excesso na dieta de ruminantes
6 pode comprometer o crescimento microbiano ruminal, sendo as bactérias gram-positivas, metanogênicas e os
7 protozoários os mais sensíveis (SANTOS et al., 2015). As bactérias são os microrganismos mais abundantes
8 no rúmen, nota-se, portanto, que houve predomínio das bactérias gram-negativas devido ao efeito tóxico dos
9 ácidos graxos insaturados sobre as bactérias gram-positivas (VAN SOEST, 1994). Além disso, as dietas
10 fornecidas neste estudo foram compostas por 50% de volumoso, sendo que as bactérias gram-negativas são
11 celulolíticas, e estão presentes nas dietas compostas por volumoso (KAMRA, 2005).

12 **Conclusão**

13 A inclusão do RL na dieta como fonte de glicerol proporcionou alterações no ambiente ruminal,
14 assim que os níveis com 14 e 21% foram inseridos, entretanto, não promoveu efeitos deletérios sobre o pH e
15 N-NH₃ ruminal, mantendo normal a fermentação ruminal, sem transtornos metabólicos. Dessa forma, sugere-
16 se a adição do RL em até 7% da matéria seca total da ração.

17

18 **Referências bibliográficas**

19

20 ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A.A.; POTU, R.B.; HASTINGS, D.; KHATTAB, M.S.A. Effects of
21 differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Animal Feed Science and Technology*,
22 v.162, p.99-105, 2010.

23 ABUBAKR, A.R.; ALIMON, A.R.; YAAKUB, H.; ABDULLAH, N.; IVAN, M. Digestibility, rumen
24 protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. *Journal of the Saudi
25 Society of Agricultural Sciences*, v.12, p.147–154, 2013.

26 AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). *Official methods of analysis*. 15.ed.
27 Washington: AOAC. 1990.

28

29 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. 18. ed. rev.
30 2.Gaithersburg, MD, USA, 2007.

31

32 AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A.V.; HE, M.L.; HARSTAD, O.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN,
33 S.M.; MCALLISTER, T.A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient
34 digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. *Journal of Animal
35 Science*, v.91, p.829-837, 2013.

36

37 AZEVEDO, J.A.G. *Métodos para análise de alimentos* - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco:
38 Suprema, 2012. 214p.

39

40 BARROS, M.C.C.; MARQUES, J.A.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; GUIMARÃES, G.S.; SILVA, L.L.;
41 ARAÚJO, F.L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho,
42 medidas morfométricas da carcaça e características da carne. *Ciências Agrárias*, v. 36, n. 1, p. 453-466,
43 2015.

- 1 BRÁS, P.; POSSENTI, R.A.; BUENO, M.R.; CANOVA, E.B.; SCHAMMAS, E.A. Avaliação nutricional de
2 coprodutos da extração de óleos vegetais em dieta de ovinos. *Boletim de Indústria Animal*, v.71, n.2, p.160-
3 175, 2014.
- 4 BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP,
5 2011. 616p.
- 6 BORGES, N. C.; ORSINE, G.F.; SILVA, L.A.F.; BERNARDES, K.M.; MARTINS, M. E. P.;
7 FIORAVANTI, M. C.S.; Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de ovinos
8 confinados submetidos a crescentes níveis de mistura mineral energético-protéica. *Ciência Animal*
9 *Brasileira*, v.12, n.3, p.392-399, 2011.
- 10 CENKVÁRI, E.; FEKETE, S.; FÉBEL, H.; VERESEGYHÁZI, T.; ANDRÁSOF SZKY. Einvestigation on
11 the effects of ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of goats. *Journal*
12 *of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.89, p.172-178, 2005.
- 13 CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin
14 supplementation on nutriente, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. *Asian-*
15 *Australasian Journal of Animal Sciences*, v.27, n.3, p.365-374, 2014.
- 16
17 CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological
18 factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.1751-1770, 2003.
- 19
20 CUNHA, C.M.; FERNANDES, A.R.M.; RICARDO, H.A.; CORNÉLIO, T.C.; LUIS ALVES, G.C.
21 Glicerina bruta na alimentação de ruminantes. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18, p.1872-1888, 2014.
- 22
23 DEHORITY, B.A. Evaluation of sub-sampling and fixation procedures used for counting rumen
24 protozoa. *Applied and Environmental Microbiology*, v.48, n.1, p.182-185, 1984.
- 25
26 DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.;
27 SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. *Métodos para análise*
28 *de alimentos* - INCT - *Ciência Animal*. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- 29
30 FÁVARO, V.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; D'AUREA, A.P.; SANCANARI, J.B.D.; HOMEM JÚNIOR, A.C.;
31 VAN CLEEF, E.H.C.B.; SANTOS, V.C. A utilização de glicerina em dietas para bovinos altera a microbiota
32 ruminal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.66, n.5, p.1504-1512, 2014.
- 33 FDA - Food and Drug Administration. *Elemental Analysis Manual*. United States of America. Section 4.4
34 Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometric Determination of Elements in Food Using
35 Microwave Assisted Digestion, 2010.
- 36 HALL, M.B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates*. Nutritional relevance and analysis. Gainesville:
37 University of Florida, 2000. 76p.
- 38 KAMRA, D.N. *Rumen microbial ecosystem*. *Current Science*, v.89, n.1, p.124-134, 2005.
- 39 KHOTSAKDEE, J.; VASUPEN, K.; WONGSUTHAVAS, S.; BUREENOK, S.; ALHAIDARY, A.;
40 MOHAMED, H.E.; BEYNEN, A.C.; YUANGKLANG, C. Rumen fermentation and nutriente digestibility in
41 goats fed a tallow-rich ration fortifild with yeast. *Research Journal of Biological Sciences*, v.5, n.3, p.246-
42 250, 2010.
- 43 KOZLOSKI, G.V. *Bioquímica dos Ruminantes*. 2 ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 216p.
- 44 MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; ARCURI, P.B.; D'AGOSTO, M. Efeito da monensina e do
45 óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da
46 fermentação ruminal e digestivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.

- 1 MARTINS, A.S.; KACHINSKI, M.B.; GALETTO, S.L.; MOLETTA, J.L.; LEAL, L.S. Consumo,
2 desempenho e metabólitos sanguíneos de ovelhas suplementadas com glicerol na dieta. *Enciclopédia*
3 *Biosfera*, v.9, n.17; p.788-797, 2013.
- 4 MENEZES, D.R.; COSTA, R.G.; ARAÚJO, G.G.L.; PEREIRA, L.G.R.; OLIVEIRA, P. T.L.; SILVA,
5 A.E.V.N.; VOLTOLINI, T.V.; MORAES, S.A. Parâmetros sanguíneos, hepáticos e ruminais de ovinos
6 alimentados com dietas com farelo de mamona destoxificado. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.1,
7 p.103-110, 2012.
- 8 MESSANA, J.D.; BERCHIELLI, T.T.; ARCURI, P.B.; REIS, R.A.; CANESIN, R.C.; RIBEIRO, A.F.;
9 FIORENTINI, G.; FERNANDES, J.J.R. Rumen fermentation and rumen microbes in Nellore steers
10 receiving diets with different lipid contents. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.42, n.3, p.204-212, 2013.
- 11 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, 362p.
- 12 RADOSTITS, O.M.; MAYHEW, I.G.J.; HOUSTON, D.M. *Exame clínico e diagnóstico em veterinária*. 1.
13 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 591p.
- 14 ROSENBERGER, G. *Exame clínico de bovinos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 420p.
- 15 RUFINO, L.M.A.; BARRETO, S.M.P.; DUARTE, E.R.; GERASEEV, L.C.; SANTOS, A.C.R.; JARUCHE,
16 Y.G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos.
17 *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.4, p.899-903, 2011.
- 18 SANTOS, A.C.R.; MAGALHÃES, D.Q.; AZEVEDO, R.A.; VIEIRA, I.L.N.L. FRANÇA, D.E.G.;
19 GERASEEV, L.C.; DUARTE, E.R. Efeito da inclusão da torta de macaúba na população de protozoários do
20 rúmen de vacas leiteiras. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.67, n.6, p.1653-1659,
21 2015.
- 22 SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H.; RODRIGUES, C.A.F.; SARMENTO, J.L.R.;
23 QUEIROZ, A.C.; SILVA, S.P. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e
24 eficiência de utilização de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.257-267, 2007a.
- 25
26 SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; BRANCO, R.H.; LEÃO, M.I.;
27 MAGALHÃES, A.C.M.; MATOS, R.S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os
28 parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.246-
29 256, 2007b.
- 30
31 SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa-MG: UFV, p.
32 235, 2002.
- 33 SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro.
34 *British Journal of Nutrition*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- 35 SNIFFEN, C. J; O'CONNOR, J. D.; van SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating
36 cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577,
37 1992.
- 38 VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p. 1994.
- 39 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and
40 nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597,
41 1991.
- 42 ZAMBOM, M.A.; ALCALDE, C.R; HASHIMOTO, J.H.; MACEDO, F. A. F.; GABRIELLA DE
43 OLIVEIRA PASSIANOTO; LUCIANO SOARES DE LIMA. Parâmetros digestivos, produção e qualidade

1 do leite de cabras Saanen recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho substituição
2 ao milho. *Acta Scientiarum Animal Science*, v.29, n.3, p.309-316, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reutilização de óleos residuais de fritura para produção do biodiesel, além de ser uma matéria-prima de baixo custo, contribui para redução dos danos ambientais provocados por esse resíduo quando descartados de forma incorreta.

A utilização de resíduos oriundos da produção do biodiesel tem sido uma alternativa viável para alimentação de ruminantes, pois, promove redução nos custos com a alimentação, uma vez que podem substituir parte dos grãos tradicionalmente utilizados nas dietas, como o milho e melhora a demanda energética desses animais.

Entretanto, devido à variação na composição desses coprodutos, muitos são ricos em ácidos graxos poli-insaturados, que podem alterar as populações microbianas do rúmen e fermentação ruminal. Por isso, antes de incluir na alimentação é necessária, uma análise prévia dos compostos químicos presentes, a fim de evitar danos à saúde dos animais.